2023

# التفوق

يغنيك عن تعدد المصادر

كتاب الشرح والأداء الذاتي

تطبيق

التفوق

يغنيك عن تعدد المصادر

انظر صفحة ٤ ، ٥

3

الثانوي

# في الأحياء

إعداد و مراجعة

د.علاء الوزير | د.أشرف السيسي

أ.خيري بشر | أ.أيمن أبو عميش

د.احمد سمير اسماعيل



# محتويـات الكـتاب

## الباب الأول
## التركيب والوظيفة في الكائنات الحية

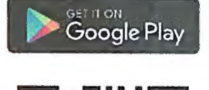
# محتويات الكتاب

## الباب الثاني | البيولوجيا الجزيئية













# الباب الأول 1

# التركيب والوظيفة
## في الكائنات الحية

الفصل 1 الدعامة والحركة

الفصل 2 التنسيق الهرموني

الفصل 3 التكاثر

الفصل 4 المناعة



# الفصل الأول 1

# الدعامة والحركة
## في الكائنات الحية

### الدعامة
في الكائنات الحية

### الحركة
في الكائنات الحية

### أهم المفاهيم

- الدعامة في النبات.
- الضلع.
- عظمة القص.
- الحركة.
- الحركة الدورانية السيتوبلازمية.
- الجهاز العضلي.
- الألياف العضلية.
- الروابط المستعرضة.
- الوحدة الحركية.
- الوصلة العصبية العضلية.

## أهداف الفصل

في نهاية هذا الفصل ينبغي أن يكون الطالب قادرًا على أن

الدرس 1

- يقارن بين الدعامة الفسيولوجية والدعامة التركيبية.
- يتعرف مكونات الجهاز الهيكلي في الإنسان.
- يتعرف تركيب الهيكل العظمي في الإنسان.
- يذكر أنواع المفاصل.
- يتعرف وظيفة كل من المفاصل والغضاريف والأربطة والأوتار.
- يفسر سبب التفاف المحاليق حول الدعامة.
- يفرق بين الشد فى المحاليق وفي جذور الكورمات والأبصال.

الدرس 2

- يوضح التآزر بين الأجهزة الثلاث: الهيكلى والعصبى والعضلى.
- يذكر وظائف الجهاز العضلي في الإنسان.
- يتعرف تركيب العضلة.
- يفسر آلية الحركة.
- يتعرف الوحدة الحركية التي تعتبر الوحدة الوظيفية للعضلة الهيكلية.
- يفسر سبب إجهاد العضلة.
- يكتسب مهارة :
  - *التعبير بالرسم مثل رسم الفقرة العظمية.
  - *الفحص المجهرى لحركة السيتوبلازم من خلايا ورقة نبات الإيلوديا.
  - *الربط بين التركيب والوظيفة في الهيكل العظمى والجهاز العضلى.



# الفصل 1 الـدرس التمهيدي
## تمهيد

✪ يوجـد العديـد مـن الخصائـص التـي تميـز الخليـة النباتيـة عـن الخليـة الحيوانيـة يمكـن تلخيصهـا فـي الجـدول المقابـل :

| وجه المقارنة | الخلية النباتية | الخلية الحيوانية |
|---|---|---|
| صورة توضيحية | غشاء خلوي، النواة | |
| الحجم | غالبا أكبر حجمًا. | غالبا أصغر حجمًا. |
| الشكل | – غالبًا مستطيلة الشكل.<br>– منتظمة الأبعاد. | – لها أشكال مختلفة (بيضاوية أو دائرية).<br>– غير منتظمة الأبعاد. |
| الجدار الخلوي | يوجد | لا يوجد |
| الغشاء البلازمي | يوجد | يوجد |
| النواة | غالبا توجد على جانب واحد من الخلية. | غالبا توجد في مركز الخلية. |
| الميتوكوندريا | توجد بأعداد أقل نسبيًا. | توجد بأعداد أكبر نسبيًا. |
| البلاستيدات | توجد | لا توجد |
| الجسم المركزي | لا يوجد | يوجد |
| الفجوة العصارية | توجـد (غالبـا واحـدة فقـط كبيـرة الحجـم تقـع فـي مركـز الخليـة). | توجـد (غالبـا أكثـر مـن واحـدة صغيـرة الحجـم). |

✪ يوجـد العديـد مـن الطـرق التـي تتحكـم فـي انتقـال المـواد مـن وإلـى الخلايـا النباتيـة والحيوانيـة ولعـل أهمهـا هـي «الخاصيـة الأسـموزية» التـي سـبق لـك دراسـتها فـي العـام السـابق.
وفيما يلي نستعرض بعض المعلومات التي لا غنى عنها في تطبيق فهمك لأجزاء المنهج فيما بعد :

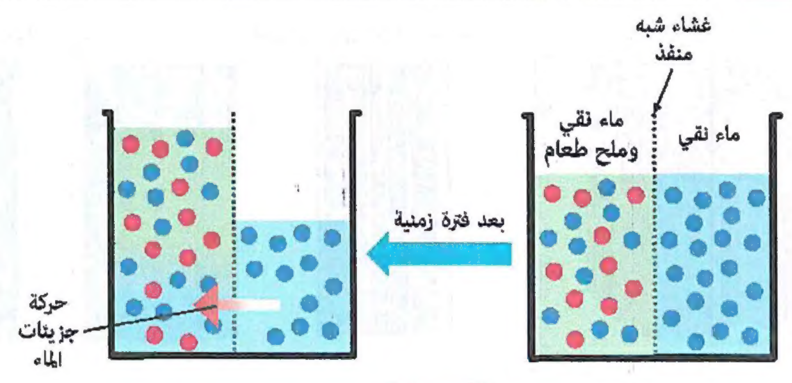







## مفهوم الأسموزية وضغط الامتلاء

| | |
|---|---|
| **الضغط الأسموزي** | الضغط المسبب لمرور الماء خلال الأغشية شبه المنفذة (الأغشية البلازمية) والذي ينشأ عن وجود فرق في تركيز المواد المذابة في الماء على جانبي الغشاء. |
| **الخاصية الأسموزية** | مرور الماء خلال الأغشية شبه المنفذة من وسط ذو تركيز مرتفع لجزيئات الماء (أقل تركيزًا للأملاح) إلى وسط ذو تركيز منخفض لجزيئات الماء (أعلى تركيزًا للأملاح). |
| **ضغط الامتلاء** | الضغط الذي يدفع الغشاء الخلوي باتجاه جدار الخلية نتيجة امتلاء فجوتها العصارية بالماء بعد امتصاصه بالخاصية الأسموزية. |



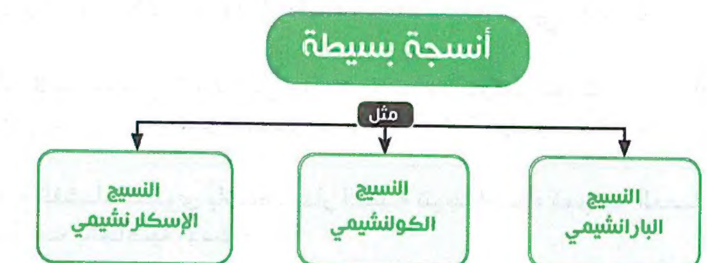

الأسموزية

## استجابة الخلايا النباتية و الخلايا الحيوانية عند وضعها في محاليل مختلفة التركيز :

| | محلول متعادل Isotonic | محلول مركز Hyperton | محلول مخفف Hypotonic |
|---|---|---|---|
| **الخلية النباتية** | نواة، غشاء الخلية، فجوة عصارية، جدار الخلية<br>لا يحدث شيء | تفقد الخلية الماء بالخاصية الأسموزية وتقل في الحجم وتنكمش. | تمتص الخلية الماء بالخاصية الأسموزية وتزداد في الحجم وتنتفخ. |
| **الخلية الحيوانية** | | تفقد كرية الدم الحمراء الماء بالخاصية الأسموزية وتنكمش. | تمتص كرية الدم الحمراء الماء بالخاصية الأسموزية وتزداد في الحجم وتنتفخ ثم تنفجر لعدم امتلاكها جدار خلوي يتحمل الضغط الواقع عليه عند دخول الماء. |

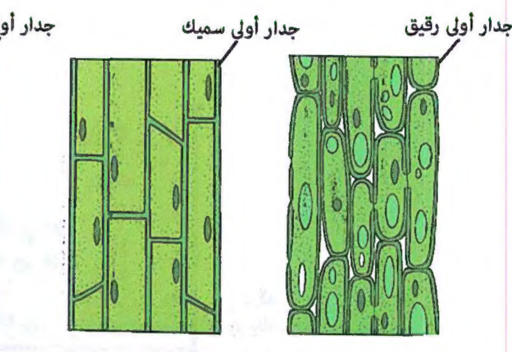
## الأنسجة النباتية

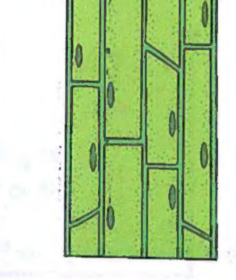
يمكن تمييز الأنسجة النباتية إلى أنسجة بسيطة وأنسجة مركبة كالتالي:

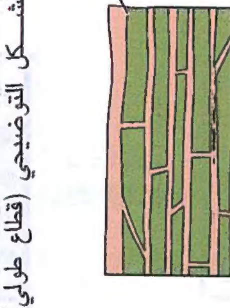



أنسجة مركبة
مثل
نسيج الخشب
نسيج اللحاء

### أنسجة بسيطة

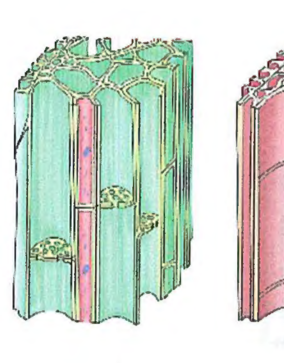





| | النسيج البارانشيمي | النسيج الكولنشيمي | النسيج الإسكلرنشيمي |
|---|---|---|---|
| الشكل التوضيحي (قطاع طولي) | | | |
| خصائص الجدار | رقيق ومرن. | مغلظ تغليظ غير منتظم بمادة السليلوز. | مغلظ بمادة اللجنين بالإضافة للسليلوز. |
| الوظيفة | - القيام بعملية البناء الضوئي.<br>- التهوية.<br>- اختزان المواد الغذائية كالنشا. | تدعيم النبات وإكسابه الليونة. | تدعيم النبات وإكسابه القوة والصلابة. (خلاياه غير حية) |
| الأمثلة | درنة البطاطس. | - العرق الوسطي في ورقة النبات.<br>- السيقان العشبية كالبقدونس. | - الألياف والخلايا الحجرية في جوز الهند والكمثرى على الترتيب. |

### أنسجة مركبة



| | نسيج الخشب | نسيج اللحاء |
|---|---|---|
| الشكل التوضيحي (قطاع طولي) | | |
| التركيب | - الأوعية: أنابيب يتكون كل منها من صف من الخلايا تلاشى منها البروتوبلازم والجدر العرضية وترسبت على جدارها من الداخل مادة اللجنين.<br>- القصيبات: تتكون من خلية واحدة اختفى منها البروتوبلازم وتغلظت جدرها بمادة اللجنين.<br>خلايا بارانشيمية | - الأنابيب الغربالية: تنشأ من خلايا متراصة رأسيًا فوق بعضها تلاشت منها الأنوية وجدرها الفاصلة مثقبة تسمى الصفائح الغربالية.<br>- الخلايا المرافقة: خلايا حية توجد بجوار الأنابيب الغربالية بها نواة وتمد الأنابيب بالطاقة اللازمة لتنظيم نشاطاتها. |



الفصل 1

الدرس الأول

# الدعامة في الكائنات الحية

## الدعامة في النبات

✪ هل سبق لك أن لاحظت يوما أن بائعي الخضروات العشبية كالبقدونس يحرصون دائمًا على وضع قطرات الماء للنباتات بشكل دوري طوال اليوم للحفاظ على نضارتها وأنه إذا اشتريت منهم في آخر اليوم فإن أوراقها تكون جافة وذابلة ومرتخية ؟!

☜ يرجع ذلك إلى **فقد واكتساب الخلايا النباتية للماء** كوسيلة دعامية وفيما يلي نستعرض ذلك بشيء من التفصيل :

**الدعامة**

مجموعة الوسائل والأجهزة الدعامية التي تدعم النبات وتحافظ على شكله وتقيه، وقد تكون وسيلة هذه الدعامة فسيولوجية أو تركيبية.

## أولًا الدعامة الفسيولوجية Physiological Support

✪ **موضع التأثير:** تتناول الخلية نفسها ككل، فلا تقتصر على جزء دون جزء.

✪ **آلية الحدوث:**

١ يدخل الماء بالخاصية الأسموزية إلى الفجوة العصارية للخلية عندما يكون تركيز الذائبات بها مرتفعًا عن الوسط المحيط.

↓

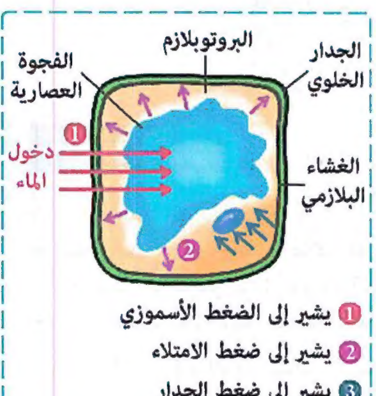
٢ يزيد حجم العصير الخلوي وبالتالي يزيد ضغطه، فيضغط على البروتوبلازم ويدفعه للخارج نحو الجدار الخلوي.

↓

٣ يتمدد الجدار نتيجة لزيادة الضغط الواقع عليه.

↓

٤ تنتفخ الخلية وتصبح ذات جدار متوتر وبذلك تكتسب الدعامة الفسيولوجية.




آلية عمل الدعامة الفسيولوجية

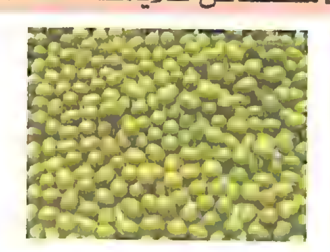
✪ **المدة الزمنية:** دعامة مؤقتة، حيث إنها تعتمد على امتلاء الخلية بالماء بالخاصية الأسموزية وعند فقد هذا الماء تضعف أو تزول هذه الدعامة.

✪ **المصدر:** فيزيائية (ميكانيكية) المصدر، حيث تعتمد على حركة الجزيئات من وإلى الخلية.

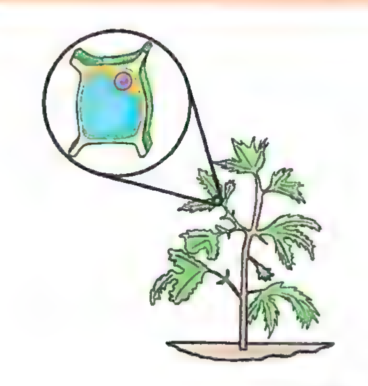
## التطبيقات الحياتية

### اكتساب الدعامة الفسيولوجية

1. انتفاخ (كبر الحجم) ثمار الفاكهة المنكمشة (الضامرة) إذا وضعت في الماء لفترة نتيجة لامتصاص خلاياها للماء.



2. استقامة سوق وأوراق النباتات العشبية عند ري التربة لانتفاخ خلايا أنسجتها الداخلية.

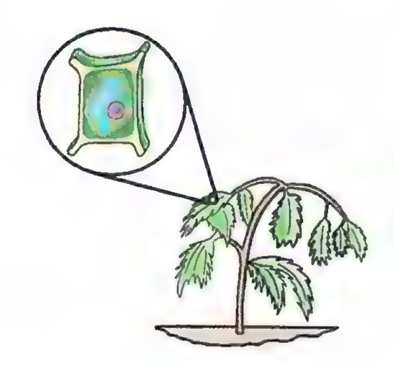


### فقد الدعامة الفسيولوجية

1. انكماش وضمور وزوال انتفاخ البذور الغضة كالبسلة والفول عند تركها لمدة نتيجة لفقد خلاياها للماء.



2. ذبول وارتخاء سوق وأوراق النباتات العشبية عند جفاف التربة لزوال انتفاخ خلايا أنسجتها الداخلية.



### ملحوظات

- تتأثر الدعامة الفسيولوجية في النبات بالعديد من العوامل من أهمها :
  - معدل امتصاص الماء (علاقة طردية) : يتوقف على وفرة ماء التربة وعدد الشعيرات الجذرية اللازمة للامتصاص وفرق الضغط الأسموزي للفجوات العصارية.
  - معدل فقد الماء (علاقة عكسية) : يتأثر بدرجة كبيرة بعملية النتح.
- **عملية النتح** : فقد النبات للماء في صورة بخار ماء من خلال الثغور والعديسات وطبقة الكيوتيكل الشمعية.

**العوامل التي تزيد من عملية النتح**

- ارتفاع درجة الحرارة (فترات الظهيرة).
- زيادة شدة الرياح (في فصل الشتاء).
- نقص رطوبة الجو.
- زيادة شدة الاستضاءة (نهارًا).
- زيادة عدد الأوراق.
- زيادة عدد الثغور.

**العوامل التي تقلل من عملية النتح**

- انخفاض درجة الحرارة (ليلا وفي الصباح الباكر).
- نقص شدة الرياح (في فصل الصيف).
- زيادة رطوبة الجو.
- نقص شدة الاستضاءة (ليلًا).
- نقص عدد الأوراق.
- نقص عدد الثغور (النباتات الصحراوية).

- بزيادة عدد البلاستيدات الخضراء في الخلايا النباتية يزداد معدل البناء الضوئي فيزداد تركيز السكريات البسيطة داخل الفجوة العصارية للخلايا مما يؤدي إلى زيادة الضغط الأسموزي فتزداد قدرة هذه الخلايا على امتصاص الماء بالخاصية الأسموزية فيزداد ضغط الامتلاء وتزداد الدعامة الفسيولوجية.

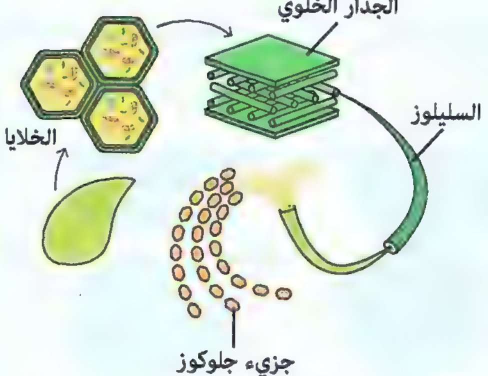
## ثانيًا الدعامة التركيبية Structural Support

- **موضع التأثير:** جدر خلايا النبات أو أجزاء منها، وقد تتجاوز ذلك لتشمل مواقع انتشارها.
- **آلية الحدوث:** ترسيب بعض المواد الصلبة القوية على جدر الخلايا أو أجزاء منها بهدف:
  - زيادة قدرة خلايا النبات الخارجية على الحفاظ على أنسجة النبات الداخلية.
  - منع (الحيلولة دون) فقد الماء من خلال الخلايا.
  - إكساب الخلايا الصلابة والقوة (تدعيم النبات).
  - زيادة سمك جدر خلايا البشرة وبخاصة الخارجية منها.
  - منع دخول الكائنات الممرضة كما قد تنتفخ هذه الجدر انتفاخًا عارضًا لمواجهة مسببات المرض. (التوضيح في الفصل الرابع)
- **المدة الزمنية:** دعامة دائمة، حيث إنها تعتمد على ترسيب بعض المواد الصلبة القوية على جدر خلايا النبات أو أجزاء منها بهدف إكساب الخلايا الصلابة والقوة ومنع فقد الماء من خلالها وزيادة قدرة الخلايا الخارجية على الحفاظ على أنسجة النبات الداخلية.
- **المصدر:** كيميائية المصدر، حيث تعتمد على ترسيب بعض المواد الكيميائية الصلبة على جدر الخلايا أو أجزاء منها.
- **الأمثلة:**

| | الكيوتين | السيوبرين | السيليلوز | اللجنين |
|---|---|---|---|---|
| الشكل التوضيحي | كيوتين | سيوبرين | سليلوز | لجنين |
| مكان الترسيب | يترسب على جدر خلايا البشرة الخارجية للأوراق والسيقان وبعض الثمار. | يترسب على السطح الداخلي لجدر الخلايا الفلينية التي تحيط بالنبات من الخارج كما في السيقان الخشبية. | يترسب في جدر خلايا النبات الكولنشيمية والإسكلرنشيمية. | يترسب على السطح الداخلي لجدر الخلايا الإسكلرنشيمية (الألياف والخلايا الحجرية) وجدر الأوعية والقصيبات. |
| الخصائص | شمعي | شمعي | صلب - مرن | صلب |
| الدور البيولوجي | ① منع فقد الماء من خلايا النبات. | | ② إكساب النبات الصلابة والقوة وتدعيم النبات. | |
| | ③ زيادة قدرة خلايا النبات الخارجية على الحفاظ على أنسجة النبات الداخلية. | | | |
| النفاذية | غير منفذة للماء. | غير منفذة للماء. | منفذة للماء. | غير منفذة للماء. |

## ملحوظات

- النباتات الصحراوية أقل تأثرًا بالدعامة الفسيولوجية وأعلى تأثرًا بالدعامة التركيبية.
- كلما زاد سمك طبقة الكيوتين على طبقة خلايا البشرة الخارجية كلما قلت كمية الماء المفقودة (تناسب عكسي) ويظهر ذلك بوضوح في النباتات الصحراوية كالصبار.
- تغطي بعض ثمار الفاكهة كالتفاح بطبقة شمعية من الكيوتين (غير منفذة للماء) تقلل من معدل فقد هذه الثمار للماء مهما اختلفت ظروف البيئة المحيطة لذا يمكنها أن تبقى لفترة زمنية طويلة دون أن تذبل.
- تظهر الدعامة الفسيولوجية بوضوح في كل من النسيج البارانشيمي والنسيج الكولنشيمي.
- تظهر الدعامة التركيبية بوضوح في كل من النسيج الكولنشيمي والنسيج الإسكلرنشيمي.
- يلعب الكيوتين دورًا هامًا في الدعامة التركيبية والدعامة الفسيولوجية حيث :
  - يترسب على جدر خلايا البشرة للحيلولة دون فقد الماء من خلالها وزيادة قدرة خلايا النبات الخارجية على الحفاظ على أنسجة النبات الداخلية كدعامة تركيبية.
  - أنها مادة غير منفذة للماء مما يساعد على امتلاء الخلية بالماء وعدم فقد هذا الماء فتظل الخلية محتفظة بالدعامة الفسيولوجية.
- السليلوز المكون للجدر الخلوية لجميع الخلايا النباتية عبارة عن بوليمر كربوهيدراتي معقد يتكون من ارتباط عدة جزيئات جلوكوز معًا.




## علاقات بيانية

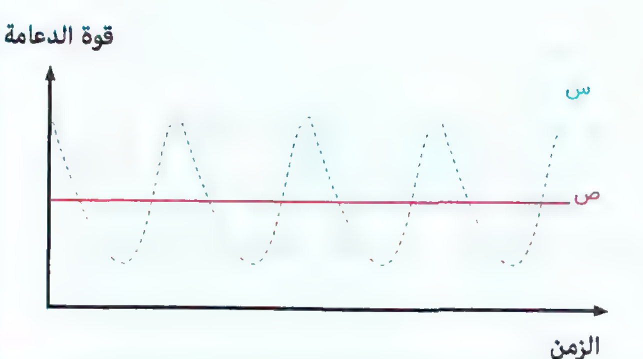
- عند تعرض النباتات الصحراوية مثل الصبار للجفاف يزداد معدل ترسيب طبقة الكيوتيكل (كيوتين) على الجدار الخلوي لمنع فقد الماء بدرجة أكبر للحفاظ على البروتوبلازم الحيوي داخل الخلايا النباتية.




- الشكل المقابل يعبر عن قوة نوعي الدعامة في نبات ما بمرور الزمن :

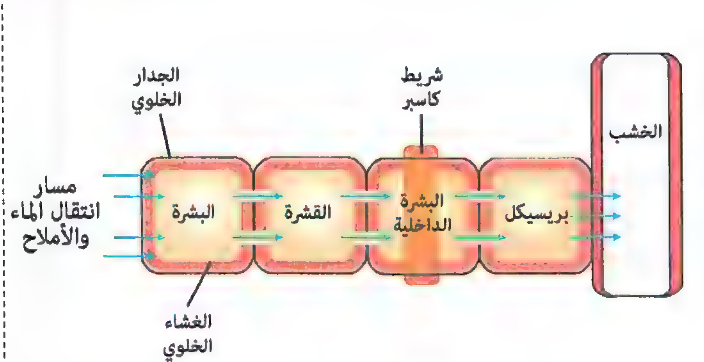
نستنتج من الشكل أن :

- س تمثل الدعامة الفسيولوجية؛ لأنها مؤقتة تتغير بفقد واكتساب الخلية للماء بمرور الزمن.
- ص تمثل الدعامة التركيبية لأنها؛ دائمة لا تتغير بمرور الزمن.



## ملحوظات

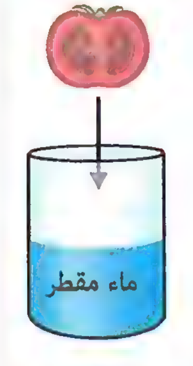
- شريط كاسبر : عبارة عن شريط جزئي يوجد في منطقة البشرة الداخلية في النباتات الوعائية يتكون كيميائيًا من مادة السيوبرين غير المنفذة للماء لتعمل على تنظيم حركة مرور الماء والأملاح إلى الأسطوانة الوعائية بعد امتصاص الجذر لهم من التربة.




## أسئلة الأداء الذاتي:

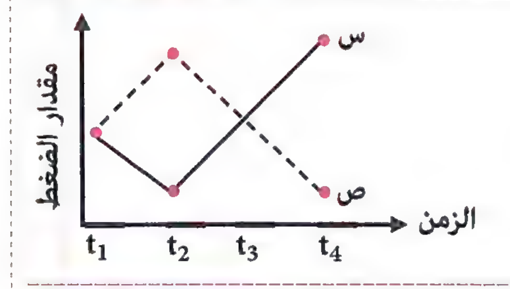
١ أي البدائل التالية تعبر عن التغيرات التي تحدث للخلايا النباتية في الثمرة الموضحة بالشكل المقابل ؟

| البدائل | الضغط الأسموزي | ضغط الامتلاء | حجم الخلايا |
|---|---|---|---|
| Ⓐ | يزداد | يقل | يزداد |
| Ⓑ | يظل ثابت | يظل ثابت | يظل ثابت |
| Ⓒ | يزداد | يقل | يقل |
| Ⓓ | يقل | يزداد | يزداد |




٢ في الشكل المقابل، ماذا يمثل كل من (س) و(ص) ؟

Ⓐ (س) ضغط الامتلاء و(ص) الضغط الأسموزي داخل الخلايا
Ⓑ (س) ضغط الجدار و(ص) ضغط امتلاء الخلايا
Ⓒ (س) ضغط جذري و(ص) ضغط جدار الخلايا
Ⓓ (س) ضغط الامتلاء و(ص) الضغط الأسموزي خارج الخلايا




٣ من خلال دراستك للشكل المقابل، أجب عن السؤال التالي :

أي الخلايا التالية تعبر عن حالة خلايا الورقة في بداية حدوث هذه العملية ؟



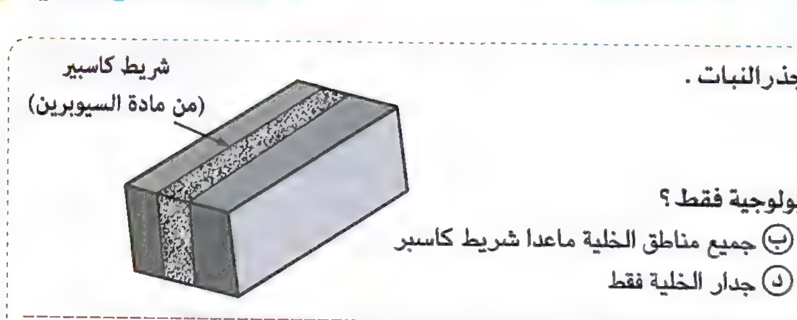








Ⓐ Ⓑ Ⓒ Ⓓ




٤ الشكل المقابل يوضح إحدي الخلايا الحية في جذر النبات .

أي مناطق هذه الخلية تحتوي علي دعامة فسيولوجية فقط ؟

Ⓐ الخلية كلها
Ⓑ جميع مناطق الخلية ماعدا شريط كاسبر
Ⓒ منطقة شريط كاسبر فقط
Ⓓ جدار الخلية فقط

---

٥ أي الخلايا التالية يزداد حجمها وتنتفخ بعد فترة زمنية من وضعها في محلول سكري تركيزه ١٠مول/لتر؟



(أ)



(ب)



(ج)



(د)

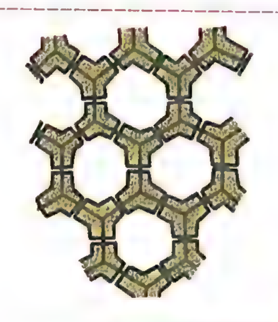
---

٦ ما الخلايا التي تكسب النبات الدعامة التركيبية ولها دور غير مباشر في حفظ الدعامة الفسيولوجية ؟

Ⓐ خلايا بشرة الورقة
Ⓑ بارانشيما اللحاء
Ⓒ الألياف
Ⓓ الخلايا الحجرية

---

٧ الخلايا النباتية بالشكل المقابل تتميز بأنها ..........



Ⓐ غير حية ذات دعامة تركيبية وضغط امتلاء عالٍ
Ⓑ حية ذات دعامة فسيولوجية وضغط جدار عالٍ
Ⓒ حية ذات دعامة فسيولوجية وتركيز أملاح عالٍ
Ⓓ غير حية ذات دعامة تركيبية وتركيز لجنين عالٍ

## الدعامة في الإنسان

✪ تتمثل الدعامة في الإنسان في الجهاز الهيكلي الذي يعمل على:

١ تدعيم الجسم، وحماية بعض أعضائه، بالإضافة إلى أنه يعطي الإنسان الشكل المميز

٢ يُسهِم في عملية الحركة حيث:

- يمثل مكان اتصال مناسب للعضلات.
- دعامة رئيسية للأطراف المتحركة.
- كما تلعب المفاصل دورًا هامًا في حركة أجزاء الجسم المختلفة.

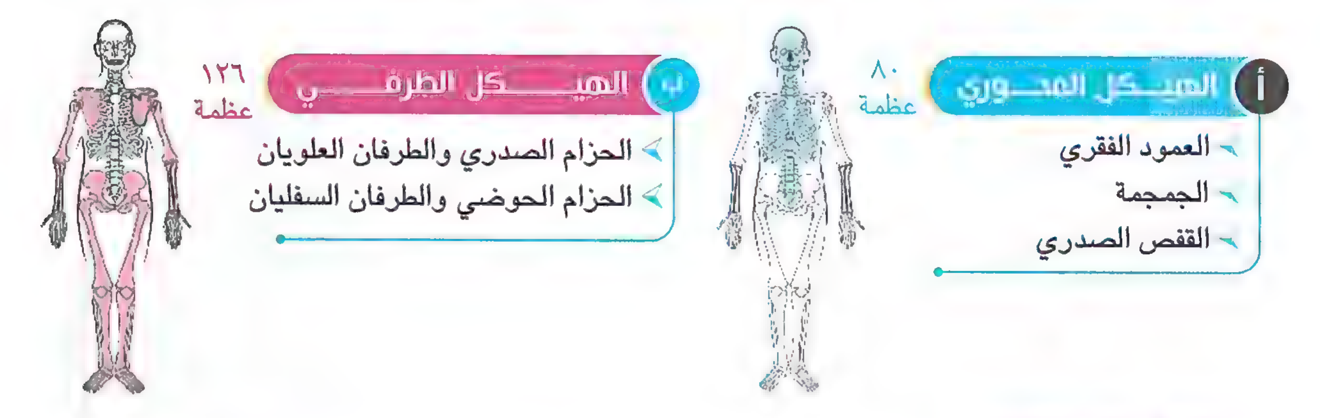
✪ يتكون الجهاز الهيكلي من:




### أولًا الهيكل العظمي

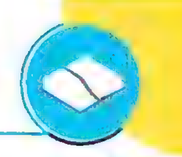
✪ يتكون الهيكل العظمي في الإنسان من ٢٠٦ عظمة، لكل عظمة **شكل وحجم** يناسبان الوظيفة التي تقوم بها.

✪ يتركب الهيكل العظمي في الإنسان من:




### للاطلاع فقط

- الوضع التشريحي Anatomical Position
- التعريف: وضع معين لجسم الإنسان متفق عليه عالميًا بين علماء التشريح لتسهيل دراسة ووصف مكونات الجسم المختلفة وتحديد علاقتها ببعضها.
- الشروط:
  - أن يقف الإنسان منتصبًا فلا يكون في وضع الجلوس أو النوم.
  - أن يكون الطرفان العلويان على جانبي الجسم بحيث تكون راحة اليد مواجهة للأمام والإبهام نحو الخارج (بعيدًا عن خط المنتصف).
  - أن يكون الطرفان السفليان ملتصقان بحيث تمتد كف القدم أفقيًا ويكون الإصبع الكبير نحو الداخل (قريبًا من خط المنتصف).
  - أن يكون الوجه ناظرًا للأمام، فالنظر لليمين أو اليسار لا يعبر عن وضع تشريحي سليم.








## الوضع التشريحي لجسم الإنسان

### الهيكل المحوري (٨٠ عظمة)

- ٢٩ الجمجمة والعظام الملحقة
  - ٨ أجزاء المخى
  - ١٤ الجزء الوجهي
  - ٢×٣ عظيمات سمعية
  - ١ العظم اللامي
- ٢٥ القفص الصدري
  - ١ القص
  - ٢٤ الضلوع
- ٢٦ العمود الفقري
  - ٧ العنقية
  - ١٢ الظهرية
  - ٥ القطنية
  - ١ العجز
  - ١ العصعص

### الهيكل الطرفي (١٢٦ عظمة)

- ٤ الحزام الصدري
  - ٢×١
  - ٢×١
- ٦٠ الطرفان العلويان
  - ٢×١
  - ٢×١
  - ٢×١
  - ٢×٨
  - ٢×٥
  - ٢×١٤
- ٢ الحزام الحوضي
- ٦٠ الطرفان السفليان

## منظر أمامي

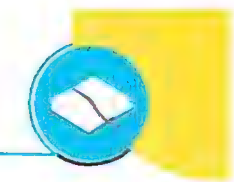
الجمجمة
الترقوة
لوح الكتف
القص
الضلوع
العضد
٧ الفقرات العنقية
الكعبرة
١٢ الفقرات الظهرية
الزند
٥ الفقرات القطنية
رسغ اليد
راحة اليد
٥ الفقرات العجزية
٤ الفقرات العصعصية
سلاميات اليد
الفخذ
عظام الحوض
الرضفة
القصبة
الشظية
رسغ القدم
مشط القدم
سلاميات القدم

## منظر جانبي

الجمجمة
الترقوة
لوح الكتف
الضلوع
الكعبرة
عظام الحوض
الزند
رسغ اليد
راحة اليد
سلميات اليد
الفخذ
الرضفة
الشظية
القصبة
رسغ القدم
مشط القدم
سلاميات القدم

## منظر خلفي

الجمجمة
٧ الفقرات العنقية
الترقوة
لوح الكتف
الضلوع
١٢ الفقرات الظهرية
العضد
١٢ الفقرات العنقية
الحوض
الكعبرة
٥ الفقرات العجزية
الزند
٤ الفقرات العصعصية
رسغ اليد
راحة اليد
سلاميات اليد
الفخذ
الشظية
رسغ القدم
القصبة
راحة القدم
سلاميات القدم








## أ الهيـكل المحـوري

### ١ العمـود الفقري

- **يُعد العمود الفقري محور الهيكل العظمي** فهو يمثل دعامة رئيسية لباقى أجزاء الجسم، **حيث:**
  - يتصل طرفه العلوي بالجمجمة.
  - يتصل به في منطقة الصدر القفص الصدري والطرفان العلويان بواسطة عظام الكتف.
  - يتصل به من أسفل الطرفان السفليان بواسطة عظام الحوض.
- **يتكـون العمـود الفقـري مـن ٣٣ فقـرة** تقســم إلـى خمــس مجموعــات وتختلـف عـن بعضهـا فـي الشـكل تبعـًا لـمنطقة وجودها.

**مناظر مختلفة للعمود الفقري**

٧ فقرات عنقية

١٢ فقرة ظهرية

٥ فقرات قطنية

٥ فقرات عجزية

٤ فقرات عصعصية

منظر خلفي

محدب للأمام

مقعر للخلف

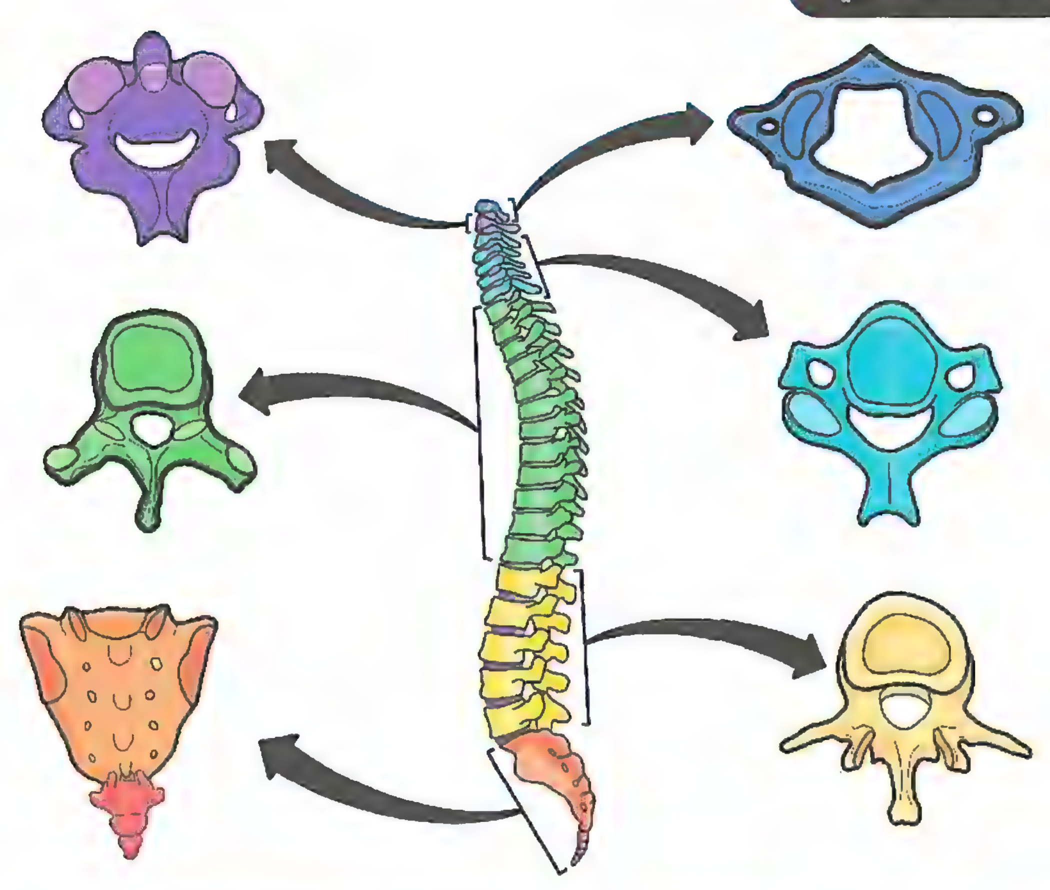
الناحية البطنية

الناحية الظهرية

منظر جانبي

منظر أمامي

## تقسيم فقرات العمود الفقري:



| مجموعة | الفقرات العنقية | الفقرات الظهرية | الفقرات القطنية | الفقرات العجزية | الفقرات العصعصية |
|---|---|---|---|---|---|
| **العدد** | ٧ | ١٢ | ٥ | ٥ | ٤ |
| **مكان الوجود** | - توجد في العنق (الرقبة) | الظهر وتواجه الصدر | تواجه تجويف البطن (الأحشاء) | بين عظمتي الحرقفة في الحزام الحوضي | نهاية العمود الفقري |
| **الحجم** | متوسطة | أكبر من العنقية في الحجم | أكبر الفقرات حجمًا | عريضة ومفلطحة | أصغر الفقرات حجمًا |
| **الحالة** | متمفصلة | متمفصلة | متمفصلة | ملتحمة | ملتحمة |
| **الترتيب** | ١ : ٧ | ٨ : ١٩ | ٢٠ : ٢٤ | ٢٥ : ٢٩ | ٣٠ : ٣٣ |
| **عدد العظام** | ٧ | ١٢ | ٥ | ١ | ١ |

## ملحوظات

- يوجـد فـي العمـود الفقـري للإنسـان عـدة انحنـاءات لتلائـم وظيفتـه فـي تحمـل وزن الجسـم وإعطـاء مسـاحة للأعضـاء الداخليـة للحركـة بانتظـام لتـؤدي وظيفتهـا علـى أكمـل وجـه وهـي كالتالـي:
  (١) انحناء عنقي: محدب للأمام ومقعر للخلف ويقابل الفقرات العنقية.
  (٢) انحنـاء ظهـري (صـدري): مقعـر للأمـام ومحـدب للخلـف ويقابـل الفقـرات الظهريـة (الصدريـة) ويشـغل بعـض الأعضـاء الحيويـة المتحركـة كالقلـب والرئتيـن.
  (٣) انحناء قطني: محدب للأمام ومقعر للخلف ويقابل الفقرات القطنية ويشغل معظم مكونات الجهاز الهضمي.
  (٤) انحنـاء حوضـي (عجـزي): مقعـر للأمـام ومحـدب للخلـف ويقابـل الفقـرات العجزيـة والعصعصيـة ويعطـى مسـاحة لبعـض الأعضـاء الحيويـة كالمثانـة البوليـة والمسـتقيم والرحـم عنـد السـيدات خاصـة أثنـاء الحمـل.
- أكبر انحناءات العمود الفقري يقع في منطقة الفقرات الظهرية.
- يبلـغ عـدد عظـام العمـود الفقـري فـي الإنسـان ٢٦ عظمـة؛ وذلـك لالتحـام الخمـس فقـرات العجزيـة معًـا كعظمـة واحـدة، والأربـع فقـرات العصعصيـة معًـا كعظمـة واحـدة.
- تزداد الفقرات المتمفصلة في الحجم بالاتجاه لأسفل بينما تتناقص الفقرات الملتحمة في الحجم بالاتجاه لأسفل.
- ترتيب الفقرات المتمفصلة تنازليا حسب الحجم كالتالي: قطنية ثم صدرية ثم عنقية.
- ترتيب الفقرات الملتحمة تنازليا حسب الحجم كالتالي: عجزية ثم عصعصية.

## علاقات بيانية




## تركيب الفقرة العظمية

تتكون الفقرة العظمية النموذجية (فقرة قطنية) من عدة أجزاء، هي :

نتوء مفصلي خلفي
نتوء مفصلي أمامي
قناة عصبية

**النتوء الشوكي**
زائدة خلفية مائلة إلى أسفل تحملها الحلقة الشوكية ويحمل نتوءين **مفصليين خلفيين**.

**النتوءان المستعرضان**
زائدتان عظميتان تتصلان بجسم الفقرة من الجانبين ويحمل كل منهما **نتوءً مفصليًا أماميًا**.

**الحلقة الشوكية (العصبية)**
حلقة عظمية، تتصل بجسم الفقرة من الخلف وتحيط بالقناة العصبية التي يمتد من خلالها الحبل الشوكي لحمايته.

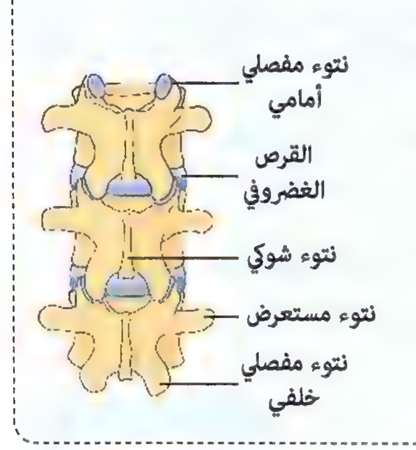
**جسم الفقرة**
الجزء الأمامي السميك (ناحية البطن).

## وظيفة العمود الفقري

1. دعامة رئيسية للجسم.
2. حماية الحبل الشوكي.
3. حركة الرأس والنصف العلوي من الجسم.

### ملحوظات

- تتمفصل الفقرة مع غيرها من فقرات العمود الفقري على النحو التالي:
  - جسم الفقرة مع جسم الفقرة السابقة لها عن طريق قرص غضروفي (مفصل غضروفي).
  - جسم الفقرة مع جسم الفقرة التالية لها عن طريق قرص غضروفي (مفصل غضروفي).
  - النتوءان المفصليان الأماميان للفقرة مع النتوءين المفصليين الخلفيين للفقرة السابقة لها (مفصل زلالي).
  - النتوءان المفصليان الخلفيان للفقرة مع النتوءين المفصليين الأماميين للفقرة التالية لها (مفصل زلالي).

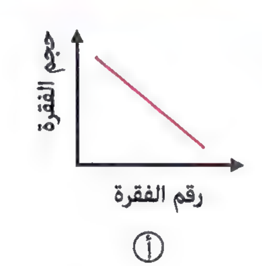



### للاطلاع فقط

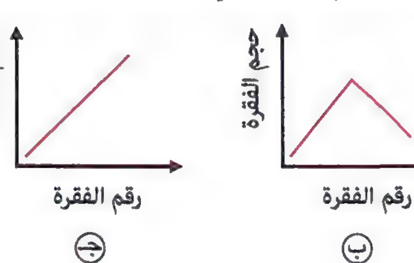
- النتوءان المفصليان الأماميان للفقرة العنقية الأولى يتمفصلان مع عظام الجمجمة بواسطة مفصل زلالي لتساعد في حركة الرأس للأعلى وللأسفل.
- النتوءان المفصليان الخلفيان للفقرة العنقية الأولى يتمفصلان مع النتوءان المفصليان الأماميان للفقرة العنقية الثانية بواسطة مفصل زلالي يسمح بحركة الرأس يمينا ويسارًا.
- الفقرات العصعصية ليس لها نتوءات مفصلية أمامية ولا نتوءات مفصلية خلفية لأنها فقرات ملتحمة.
- يوصى عند حمل الأشياء الثقيلة بالجلوس على القدمين ثم حمل الأشياء حتى لا تتعرض الفقرات القطنية للكسر؛ لأنها تتحمل معظم وزن الجسم.

### أسئلة الأداء الذاتي:

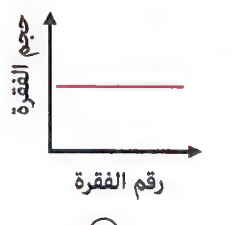
**8) أي الأشكال البيانية التالية تعبر عن التغير في حجم الفقرات التي تواجه تجويف البطن بالاتجاه لأسفل ؟**



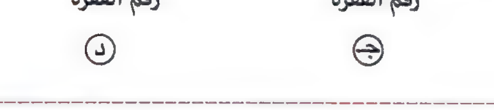
(أ)



(ب) (جـ)

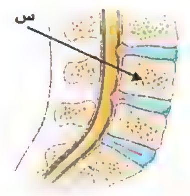


(د)



**9) الشكل المقابل يوضح قطاع جانبي في جزء من العمود الفقري في أحد الأشخاص ، ادرسه جيداً ثم أجب عن السؤال التالي :**

**أي البدائل التالية تعتبر من خصائص الفقرة المشار إليها بالرمز (س) ؟**




(أ) أكبر فقرات مجموعتها حجما

(ب) لا تحتوى على نتوءات شوكية .

(جـ) يتصل بها آخر ضلع عائم

(د) ثاني أكبر الفقرات المتمفصلة حجما

## ٧ الجمجمة

✪ علبة عظمية تتكون من جزأين، هما:

| | الجزء الخلفي (المخي) | الجزء الأمامي (الجبهي أو الوجهي) |
|---|---|---|
| عدد العظام | يتكون من ٨ عظام ولكنها تبدو كعظمة واحدة لأنها تتصل مع بعضها اتصالات متينة عند أطرافها المسننة بواسطة أنسجة ليفية تتحول مع تقدم العمر إلى أنسجة عظمية، تشكل تجويفًا يستقر فيه المخ لحمايته. | يتكون من ١٤ عظمة. |
| الأهمية | • يشكل تجويفًا يستقر فيه المخ لحمايته.<br>• يوجد في قاع الجزء المخي من الجمجمة ثقب كبير ... علل ؟<br>لكي يتصل من خلاله المخ بالحبل الشوكي. | يشمل عظام الوجه والفكين ومواضع أعضاء الحس (الأذنين - العينين - الأنف). |


منظر أمامي للجمجمة


منظر جانبي للجمجمة



منظر سفلي للجمجمة


### ملحوظات

• ترتبط عظام الجمجمة مع بعضها بواسطة أنسجة ليفية تتحول مع تقدم العمر إلى أنسجة عظمية وذلك لتسهيل عملية الولادة في بعض الحالات المتعسرة وتعطي مساحة لاكتمال نمو المخ بعد الولادة.

• جميع المفاصل التي تربط عظام الجمجمة ببعضها مفاصل ليفية عديمة الحركة ماعدا المفصل الموجود في الفك السفلي زلالي يسمح بالحركة ليساعد في عملية الكلام ومضغ الطعام.

### أسئلة الأداء الذاتي:

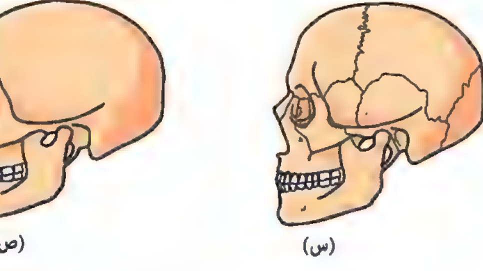
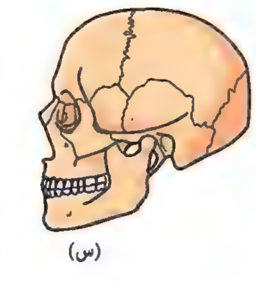
١ من خلال دراستك للشكل المقابل : أي العبارات التالية صحيحة ؟

Ⓐ (س) تمثل جمجمة رجل بالغ، بينما (ص) تمثل جمجمة فتاة بالغة

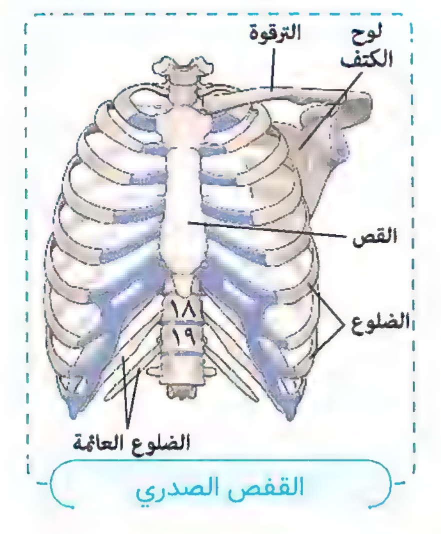
Ⓑ نسبة النسيج الليفي في الجمجمة (س) أقل من نسبته في الجمجمة (ص)

Ⓒ (س) تمثل جمجمة فتاة بالغة، بينما (ص) تمثل جمجمة طفل حديث الولادة

Ⓓ نسبة النسيج العظمي في الجمجمة (س) أقل من نسبته في الجمجمة (ص)

## ٣ القفص الصدري



القفص الصدري

- علبة مخروطية الشكل تقريبًا، تتصل من:
  - الخلف بـ الفقرات الظهرية (١٢ فقرة من ٨ : ١٩).
  - الأمام بـ عظمة القص.
- يتكون القفص الصدري من: ٣٧ عظمة كالتالي:
  - اثني عشر زوجًا من الضلوع.
  - عظمة القص (عظمة واحدة).

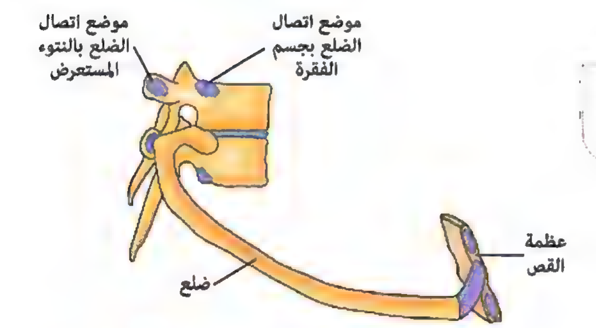
عظمة مفلطحة ومدببة من أسفل جزؤها السفلي غضروفي يتصل بها العشرة أزواج الأولى من الضلوع.

- مجموعة الفقرات الظهرية (١٢ فقرة).

### تقسيم الاثني عشر زوجًا من الضلوع

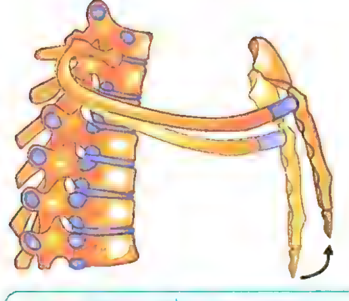
| العشرة أزواج الأولى | الزوجان الأخيران (الضلوع العائمة) |
|---|---|
| - أكبر طولًا. | - قصيران. |
| - تصل بين الفقرات الظهرية وعظمة القص. | - لا يتصلان بعظمة القص. |
| - تتصل بالفقرات من (٨:١٧) من العمود الفقري. | - يتصلان بالفقرتين رقم ١٨ ، ١٩ للعمود الفقري. |

### الضلع




عظمة مقوسة منحنية إلى أسفل تتصل من الخلف بـ:
١. جسم الفقرة.
٢. النتوء المستعرض.

### وظيفة القفص الصدري


حركة القص والضلوع أثناء عملية الشهيق

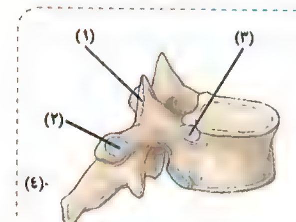
١. حماية القلب والرئتين.
٢. تلعب حركة الضلوع دورًا في التنفس، حيث:
   - تتحرك إلى الأمام وإلى الجانبين أثناء عملية الشهيق لتزيد اتساع التجويف الصدري.
   - تتحرك أثناء الزفير إلى الخلف والداخل (عكس ما يتم في عملية الشهيق).
٣. يوجد بداخله نسيج نخاع العظام الأحمر المسئول عن إنتاج خلايا الدم الحمراء وخلايا الدم البيضاء وصفائح الدم. (سيتم تناولها بالتفصيل في الفصل الرابع)

### ملحوظات

- أنواع الضلوع في جسم الإنسان:
  ١- ضلوع حقيقية: تمثل زوج الضلوع من ١ إلى ٧ وهذه الضلوع تتصل اتصالا مباشرا بعظمة القص من الأمام.
  ٢- ضلوع كاذبة: تمثل زوج الضلوع من ٨ إلى ١٠ وهذه الضلوع تتصل اتصالا غير مباشر بعظمة القص من الأمام.
  ٣- ضلوع عائمة: تمثل الزوجين ١١ ، ١٢ وهذه الضلوع لا تتصل بعظمة القص.

## أسئلة الأداء الذاتي:

**١١** في الشكل المقابل : يتمفصل الزوج الرابع من الضلوع مع الفقرة العظمية عند الموضع ..................




Ⓐ ٣ فقط
Ⓑ ١ ، ٣
Ⓒ ٢ ، ٣
Ⓓ ٣ ، ٤

---

**١٢** أي البدائل التالية تمثل الترتيب التنازلي الصحيح لأزواج الضلوع حسب الحجم ؟

Ⓐ الزوج الخامس ، الزوج السابع ، الزوج الثاني عشر
Ⓑ الزوج الثاني عشر ، الزوج السابع ، الزوج الخامس
Ⓒ الزوج السابع ، الزوج الخامس ، الزوج الثاني عشر
Ⓓ الزوج السابع ، الزوج الثاني عشر ، الزوج الخامس

---

**١٣** العظمة المكسورة بالشكل المقابل ..........



Ⓐ تتصل بالقص اتصالا مباشرا
Ⓑ لا يصل لها إمداد دموي
Ⓒ قد تتسبب في ضرر للكبد
Ⓓ قد تتسبب في ضرر للمعدة

---

**١٤** ادرس الشكل الذي أمامك الذي يوضح تركيب الفقرة الأخيرة من الفقرات الظهرية ، ثم حدد:
ما النتيجة المترتبة على غياب التركيب (٢) ؟

(٢)

Ⓐ خلل في التمفصل مع الضلع العائم الثاني
Ⓑ خلل في التمفصل مع الفقرة الأولى من الفقرات القطنية
Ⓒ عدم حماية الحبل الشوكي
Ⓓ عدم التمفصل مع الفقرة (١٨) من فقرات العمود الفقري

---

**١٥** أمامك طريقتان مختلفتان لحمل وزن ثقيل . افحص الشكل جيدا ثم أجب :


الطريقة (ب)


الطريقة (أ)

أي البدائل التالية تصف موضع نقل وزن الثقل بشكل أساسي ؟

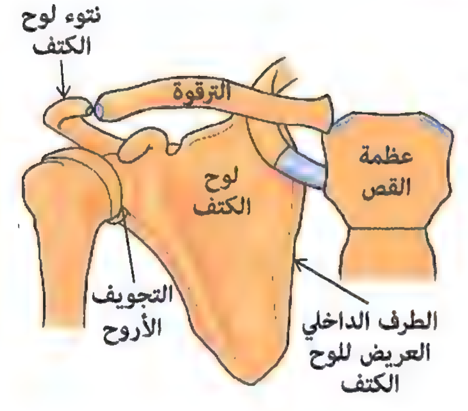
Ⓐ في الطريقة ( أ ) يقع وزن الثقل على الفقرات القطنية
Ⓑ في الطريقة (ب) يقع وزن الجسم على عضلات الفخذين
Ⓒ في الطريقة ( أ ) يقع وزن الثقل على عضلات الطرف السفلي
Ⓓ في الطريقة ( ب ) يقع وزن الثقل على الفقرات العجزية

## ب الهيكل الطرفي

## ١ الحزام الصدري والطرفين العلويين

### الحزام الصدري

✪ يتكون من نصفين متماثلين يتركب كل نصف منهما من (لوح الكتف - الترقوة):




• لوح الكتف:

عظمة ظهرية مثلثة الشكل طرفها الداخلي عريض والخارجي مدبب به نتوء تتصل به الترقوة.

، ويوجد عند الطرف الخارجي لها تجويف يسمى بـ"**التجويف الأروح**" تستقر فيه رأس عظمة العضد مكونًا مفصل الكتف.

• الترقوة:

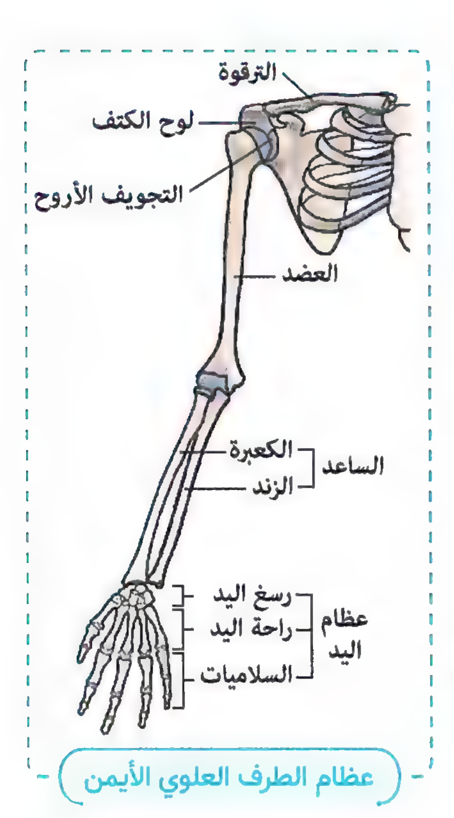
عظمة باطنية أمامية رفيعة تتصل:

• من الأمام بـ"عظمة القص"

• من الجانب بـ"نتوء عظمة لوح الكتف".

### الطرفان العلويان

✪ يتكون كل طرف علوي من:



عظام الطرف العلوي الأيمن

❶ العضد.

❷ الساعد، ويتكون من عظمتين هما:

– الزند:

يحتوى طرفها العلوي على تجويف يستقر فيه النتوء الداخلي للعضد مكونًا مفصل الكوع.

– الكعبرة:

أصغر حجمًا من الزند، تتحرك حركة نصف دائرية حول عظمة الزند الثابتة.

❸ عظام اليد، وتتكون من:

– رسغ اليد:

يتكون من ٨ عظام منتظمة الشكل في صفين يتصل طرفها العلوي بالطرف السفلي للكعبرة ولا يتصل بالزند، ويتصل طرفها السفلي بعظام راحة اليد.

– راحة اليد:

تتكون ٥ عظام رفيعة مستطيلة تؤدي إلى عظام الأصابع الخمسة.

– أصابع اليد:

٥ أصابع يتكون كل منها من ٣ سلاميات رفيعة ماعدا الإبهام يتكون من سلامتين فقط.

## مقارنة بين عظمة الكعبرة وعظمة الزند:



| عظمة الكعبرة | | عظمة الزند |
| --- | --- | --- |
| أصغر حجمًا. | الحجم | أكبر حجمًا. |
| تتحرك حركة نصف دائرية حول عظمة الزند. | الحركة | ثابتة لا تتحرك حول عظمة الكعبرة. |
| تتصل من الأسفل بالطرف العلوي لرسغ اليد. | الاتصال برسغ اليد | لا تتصل بعظام رسغ اليد. |
| توجد جهة الخارج. | الوضع التشريحي | توجد جهة الداخل. |

الكعبرة

تتحرك الكعبرة حركة نصف دائرية حول عظمة الزند

العضد

الزند

الكعبرة

طرف علوي أيسر منظر خلفي

طرف علوي أيمن منظر خلفي

طرف علوي أيمن منظر أمامي

طرف علوي أيسر منظر أمامي

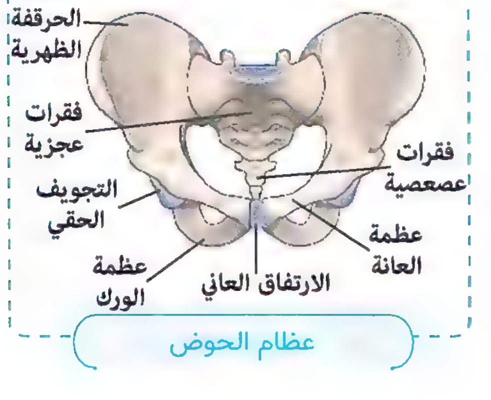
كيفية تحديد موضع عظام الطرف العلوي بالجسم

# الحزام الحوضي والطرفين السفليين

## الحزام الحوضي

✪ يتكون من نصفين متماثلين يتركب كل نصف منهما من: (الحرقفة الظهرية - العانة - الورك).

- يلتحم النصفان في الناحية الباطنية في منطقة تسمى الارتفاق العاني.. وفي الناحية الظهرية يلتحمان بالفقرات العجزية.
- تتصل عظمة الحرقفة الظهرية من الناحية الباطنية:
  - الأمامية بعظمة العانة.
  - الخلفية بعظمة الورك.
- يوجد عند موضع اتصال الحرقفة بالورك والعانة تجويف عميق يسمى التجويف الحقي الذي يستقر فيه رأس عظمة الفخذ مكونًا مفصل الفخذ.
- تلتحم عظام كل نصف ببعضها مكونة عظمة واحدة، وبالتالي يتكون الحزام الحوضي من عظمتين فقط.

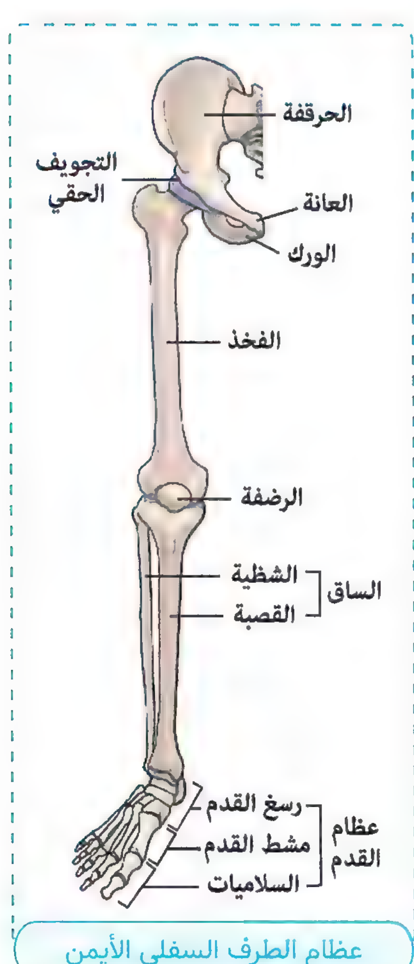


عظام الحوض

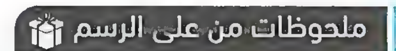
## الطرفان السفليان

يتكون كل طرف سفلي من:

1. **الفخذ:** عظمة يوجد بأسفلها نتوءان كبيران يتصلان بالساق عند المفصل الركبي الذي توجد أمامه عظمة صغيرة مستديرة تسمى **عظمة الرضفة.**
2. **الساق، يتكون من عظمتين هما:**
   - القصبة (الداخلية).
   - الشظية (الخارجية).
3. **عظام القدم، تتكون من:**
   - **رسغ القدم:** يتكون من ٧ عظام غير منتظمة الشكل أكبرها العظمة الخلفية التي تكون كعب القدم.
   - **مشط القدم:** يتكون من ٥ عظام رفيعة وطويلة ينتهي كل منها بإصبع.
   - **أصابع القدم:** ٥ أصابع يتكون كل منها من ٣ سلاميات، ما عدا إصبع الإبهام يتكون من سلاميتين فقط.



عظام الطرف السفلي الأيمن




- مفصل الكتف = رأس العضد + التجويف الأروح.
- مفصل الكوع = نتوء العضد الداخلي + تجويف الزند + رأس الكعبرة.
- مفصل الركبة = نتوءا الفخذ السفليان الكبيران + القصبة + الرضفة.
- في الوضع التشريحي للجسم يكون:
  - الإبهام جهة الخارج.
  - عظمة الكعبرة جهة الخارج ومواجهة للإبهام.

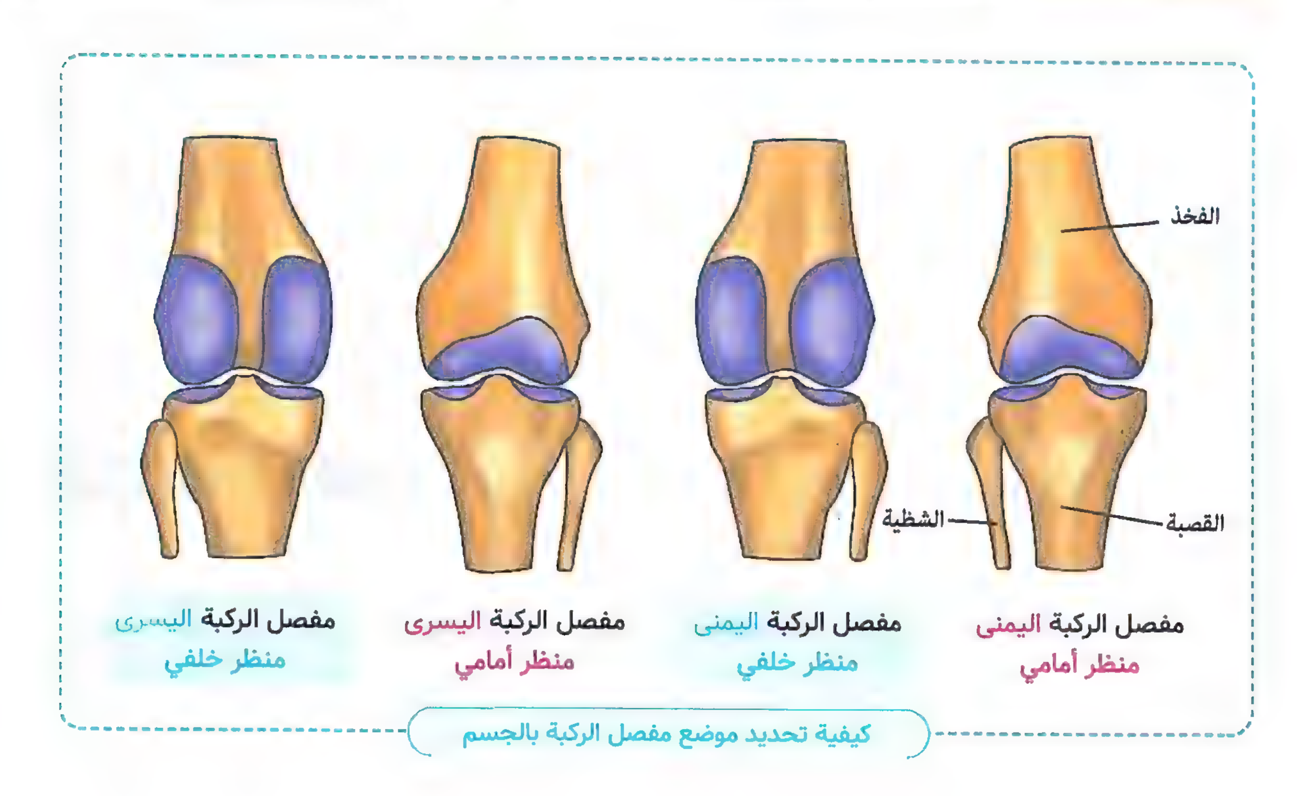
ملحوظات

- موضع اتصال نصفي عظام الحوض المتماثلين من الناحية الباطنية= الارتفاق العاني.
- موضع اتصال نصفي عظام الحوض المتماثلين من الناحية الظهرية= الفقرات العجزية.
- عدد تجاويف الهيكل الطرفي= ٦ «٢ تجويف أروح + ٢ تجويف زند + ٢ تجويف حقي».
- يتكون أي طرف (علوي أو سفلي) من ٣٠ عظمة، وذلك لزيادة عظمة الرضفة في الطرف السفلي مع نقص عظمة من رسغ القدم في الطرف السفلي ليكون العدد متساويًا.

## للاطلاع فقط

- مفصل الركبة أكبر مفاصل الجسم وأكثرها تعقيدًا.
- مفصل الفخذ أكثر استقرارًا من مفصل الكتف؛ لأن التجويف الحقي أكثر عمقًا واتساعًا من التجويف الأروح.

| | التجويف الأروح | تجويف الزند | التجويف الحقي |
|---|---|---|---|
| مكان الوجود | الطرف الخارجي المدبب لعظمة لوح الكتف. | الطرف العلوي لعظمة الزند. | موضع اتصال الحرقفة الظهرية بالورك والعانة ضمن عظام الحوض. |
| الأهمية | يستقر فيه رأس عظمة العضد مكونًا مفصل الكتف. | يستقر فيه النتوء الداخلي لعظمة العضد مكونًا مفصل الكوع. | يستقر فيه رأس عظمة الفخذ مكونًا مفصل الفخذ. |




كيفية تحديد موضع مفصل الركبة بالجسم

## ثانيًا الغضاريف



مادة خلالية
ألياف الكولاچين
خلية غضروفية

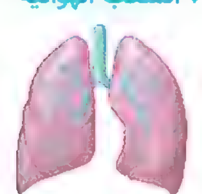
النسيج الغضروفي

- **نوع النسيج:** ضام هيكلي.
- **التركيب:** تتكون من خلايا غضروفية ومادة خلالية وألياف الكولاچين.
- **الإمداد الدموي:** لا تحتوي على أوعية دموية لذلك:
  - تحصل على الغذاء والأكسجين من الخلايا المجاورة مثل (خلايا العظام) بالانتشار.
  - لا تتعرض لنزيف داخلي عند موضع احتكاك العظام مع بعضها.
- **اللون:** غالبًا أبيض أو أصفر؛ لأنها لا تحتوي على أوعية دموية.
- **معدل الالتئام:** يستغرق وقتًا طويلًا؛ لأنها لا تحتوي على أوعية دموية فتحصل على الغذاء والأكسجين من الخلايا المجاورة مثل (خلايا العظام) بالانتشار.
- **درجة الصلابة:** أقل صلابة من العظام؛ لأن الأنسجة الغضروفية لا تحتوي على الكالسيوم، بينما أنسجة العظام يترسب فيها نسبة كبيرة من الكالسيوم الذي يعمل على زيادة صلابتها.
- **مكان الوجود:**

1. تشكل بعض أجزاء الجسم، مثل: (الأذن - الأنف - الشعب الهوائية).

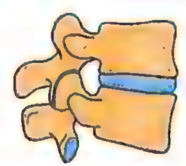
- الأذن
- الأنف
- الشعب الهوائية





2. توجد غالبًا..

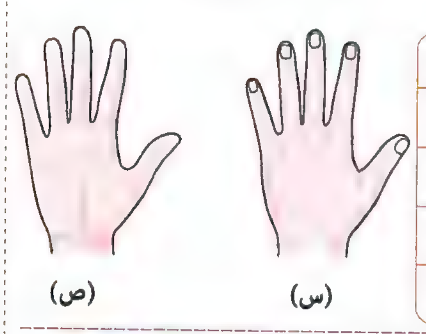
- عند أطراف العظام خاصةً عند المفاصل
- وبين فقرات العمود الفقري



- **الأهمية:** حماية العظام من التآكل نتيجة احتكاكها المستمر ببعضها حيث تقلل من قوة احتكاك عظمتي (أو عظام) المفصل.

## أسئلة الأداء الذاتي:

(١٦) من الشكل المقابل : أي البدائل التالية صحيحة إذا كانا لشخص واحد ؟




| | المنظر في (س) | موضع الكعبرة في (س) | موضع الكعبرة في (ص) |
|---|---|---|---|
| (أ) | أمامي | غير ملتفة حول الزند | ملتفة حول الزند |
| (ب) | خلفي | غير ملتفة حول الزند | ملتفة حول الزند |
| (ج) | خلفي | ملتفة حول الزند | غير ملتفة حول الزند |
| (د) | أمامي | ملتفة حول الزند | غير ملتفة حول الزند |



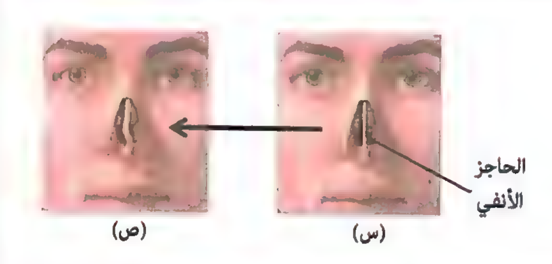
(١٧) الكسر الموجود بالشكل المقابل يوجد في ............

(أ) عظمة الكعبرة اليمنى
(ب) عظمة الكعبرة اليسرى
(ج) عظمة الزند اليسرى
(د) عظمة الزند اليمنى

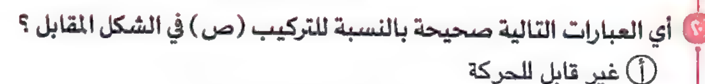
(١٨) ما الترتيب التصاعدي الصحيح للعظام التالية من حيث الطول في الهيكل العظمي للإنسان:
(عظام الزند، أمشاط القدم، الكعبرة، أمشاط اليد، الشظية) ؟

(أ) أمشاط اليد – أمشاط القدم – الزند – الكعبرة – الشظية
(ب) أمشاط اليد – أمشاط القدم – الكعبرة – الزند – الشظية
(ج) أمشاط اليد – أمشاط القدم – الكعبرة – الشظية – الزند
(د) أمشاط اليد – أمشاط القدم – الشظية – الكعبرة – الزند

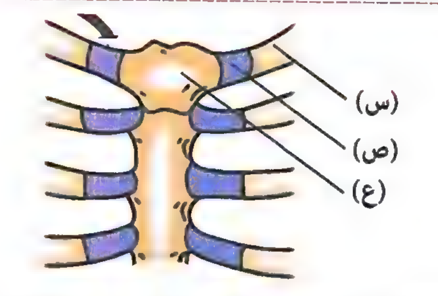
(١٩) ادرس الشكل ثم استنتج :
ما النتيجة المترتبة على تحول الحاجز الأنفي من (س) إلي (ص) ؟



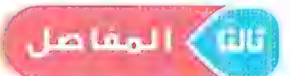

(أ) كسر عظام الأنف
(ب) وصول نسبة عالية من الأكسجين للرئتين
(ج) صعوبة التنفس
(د) انسداد كلي لممرات الهواء



(٢٠) أي العبارات التالية صحيحة بالنسبة للتركيب (ص) في الشكل المقابل ؟

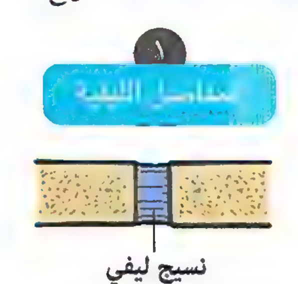


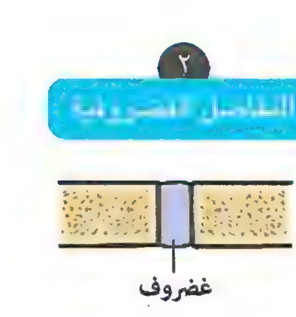

(أ) غير قابل للحركة
(ب) يتصل بالهيكل الطرفي عن طريق التركيب (س)
(ج) أفتح لونًا وأكثر مرونة من التركيبين (س) و(ع)
(د) يتكون من خلايا غير حية بعكس التركيبين (س) و(ع)




موضع التقاء عظمتين أو أكثر.

✪ **أنواع المفاصل:** ثلاثة أنواع:





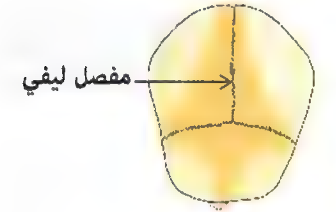


## ١ المفاصل الليفية

✪ **التركيب:** تلتحم العظام عند هذه المفاصل بواسطة أنسجة ليفية تتحول مع تقدم العمر إلى أنسجة عظمية.

نسيج ليفي

**تتحول الأنسجة الليفية إلى أنسجة عظمية**
**مع تقدم العمر**




✪ **مدى الحركة:** معظمها لا يسمح بالحركة.

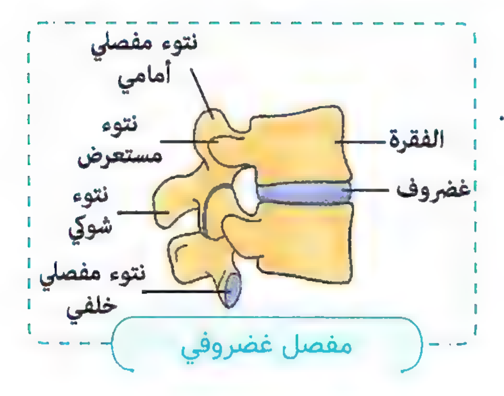
✪ **الأمثلة:** المفاصل التي توجد عند عظام الجمجمة وتربطها معًا عند أطرافها المسننة.

## ٢ المفاصل الغضروفية

✪ **التركيب:** تربط بين نهايات بعض العظام المتجاورة بواسطة غضاريف.

✪ **مدى الحركة:** معظمها يسمح بحركة محدودة جدًا.

✪ **الأمثلة:** المفاصل التي توجد بين فقرات العمود الفقري.



مفصل غضروفي

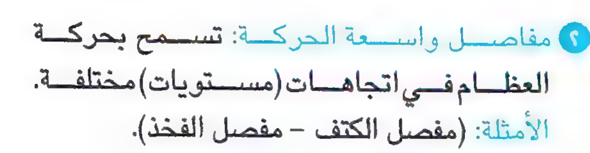
## ٣ المفاصل الزلالية

✪ **الانتشار:** تشكل معظم مفاصل الجسم.

✪ **الخصائص:** مفاصل مرنة تتحمل الصدمات.

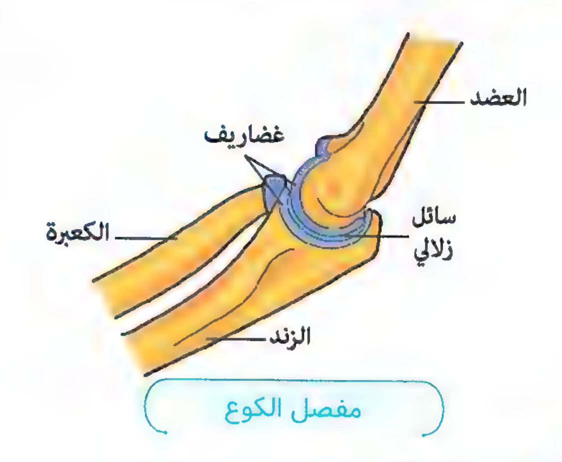
✪ **التركيب:**

- يغطي سطح العظام المتلامسة في هذه المفاصل طبقة رقيقة من مادة غضروفية شفافة ملساء مما يسمح بحركة العظام بسهولة وبأقل احتكاك.
- تحتوى على سائل مصلى أو زلالي يسهل من انزلاق الغضاريف التي تكسو أطراف العظام.



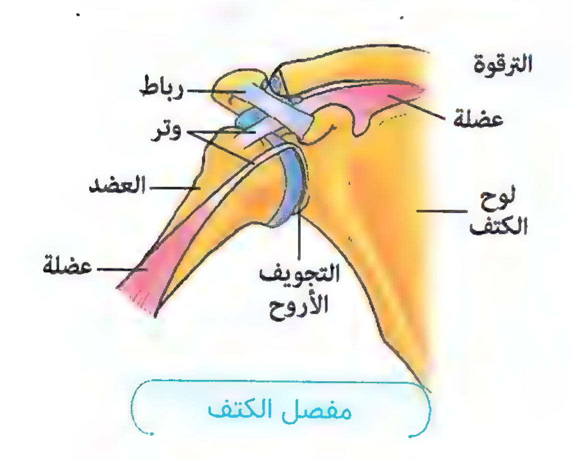
✪ **مدى الحركة:** تنقسم حسب نوع الحركة إلى:

❶ **مفاصل محدودة الحركة:** تسمح بحركة أحد العظام في اتجاه (مستوٍ) واحد فقط.
الأمثلة: (مفصل الكوع – مفصل الركبة).



مفصل الكوع

❷ **مفاصل واسعة الحركة:** تسمح بحركة العظام في اتجاهات (مستويات) مختلفة.
الأمثلة: (مفصل الكتف – مفصل الفخذ).

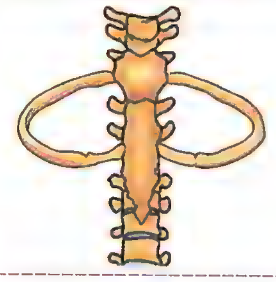


مفصل الكتف

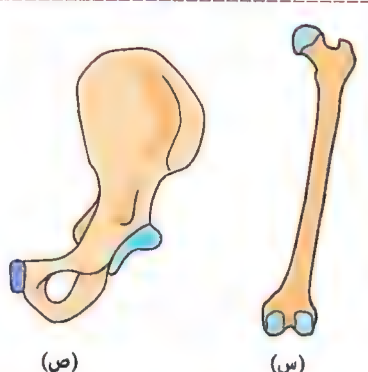
### ملحوظات

- عند غياب السائل الزلالي من مفاصل الركبة: يحدث تآكل للغضاريف التي تكسو أطراف العظام المكونة لمفصل الركبة نتيجة احتكاك هذه الغضاريف ببعضها مما يؤدي لصعوبة حركة المفصل وعلى المدى البعيد قد تتعرض العظام للتآكل أيضًا.
- لا توجد المفاصل الغضروفية بين جميع فقرات العمود الفقري؛ لأنه لا يوجد مفاصل غضروفية بين الفقرات العجزية وبعضها والفقرات العصعصية وبعضها؛ لأنها فقرات ملتحمة معًا.

### أسئلة الأداء الذاتي:



⑪ أي مما يلي يمثل نوع المفاصل التي يتمفصل من خلالها الضلع في الشكل المقابل ؟
(أ) غضروفية من الجهة البطنية وليفية من الجهة الظهرية
(ب) غضروفية من الجهة البطنية وزلالية من الجهة الظهرية
(ج) غضروفية من الجهة البطنية وغضروفية من الجهة الظهرية
(د) زلالية من الجهة البطنية وغضروفية من الجهة الظهرية




⑫ من الشكل المقابل : أي العبارات التالية صحيحة ؟
(أ) العظمة (س) يمكن أن تتمفصل مع العظمة (ص) بمفصل زلالي واسع الحركة
(ب) العظمة (س) يمكن أن تتمفصل مع العظمة (ص) بمفصل زلالي محدود الحركة
(ج) العظمة (س) يمكن أن تتمفصل مع العظمة (ص) بمفصل غضروفي محدود الحركة
(د) لا يمكن أن تتمفصل العظمة (س) مع العظمة (ص)





## رابعًا وخامسًا: الأربطة والأوتار

| | الأربطة | الأوتار |
|---|---|---|
| وجه الشبه | كلاهما أنسجة ضامة ليفية يدخل في تركيبها بروتين الكولاچين بشكل أساسي وتتصل بالعظام عند المفاصل. | |
| مكان وجودها | تصل العظام ببعضها عند المفاصل. | تصل العضلات بالعظام عند المفاصل. |
| وظيفتها | • ربط العظام ببعضها عند المفاصل.<br>• تحديد مدى حركة العظام عند المفاصل في الاتجاهات المختلفة حسب محاور الحركة. | ربط العضلات بالعظام عند المفاصل وبالتالي ضمان حدوث الحركة عند انقباض أو انبساط العضلات. |
| مرونتها | أكثر مرونة من الأوتار ... علل؟<br>حتى تسمح بزيادة طولها قليلًا عند تعرض المفصل لضغط خارجي قوي فلا تنقطع. | أقل مرونة من الأربطة. |
| متانتها | أقل متانة وقوة من الأوتار. | أكثر متانة وقوة من الأربطة. |
| الأمثلة | الأربطة الموجودة في المفصل الركبة:<br>• رباط صليبي أمامي. • رباط صليبي خلفي. • رباط وسطي. ← بين الفخذ والقصبة.<br>• رباط جانبي. ← بين الفخذ والشظية. | وتر أخيل:<br>يصل العضلة التوأمية (العضلة الخلفية أو عضلة بطن الساق) بـ عظمة كعب القدم (العظمة الخلفية) مما يساعد على حركة كعب القدم عند انقباض وانبساط العضلة مما يؤدي للمشي. |



الأربطة في مفصل الركبة اليمنى (منظر أمامي) غابت عنه الرضفة



وتر أخيل

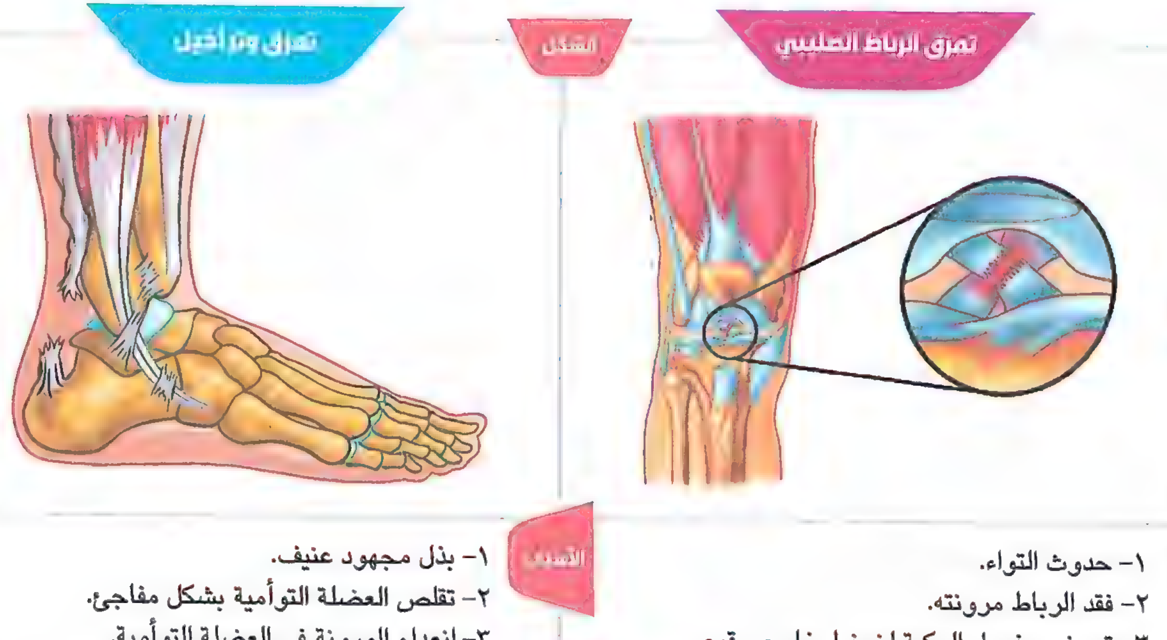
## للاطلاع فقط

- التئام الأربطة بطيء ويستغرق مدة زمنية أطول مقارنة بالأوتار لكون الأربطة يغذيها عدد أقل من الأوعية الدموية.
- الفرق بين المنظر الأمامي والمنظر الخلفي لمفصل الركبة:



| | المنظر الأمامي | المنظر الخلفي |
| --- | --- | --- |
| يتم تحديده عن طريق | • وجـود عظمة الرضفة.<br>• وجـود لقمة واحـدة في نهاية عظمة الفخذ في حالة إزالة عظمة الرضفة.<br>• البروز الموجود في عظمة القصبة من الأمام. | • وجـود لقمتين في نهاية الفخذ.<br>• ظهور رأس عظمة الشظية كاملة. |
| الشكل التوضيحي | قمة واحدة<br>رباط صليبي أمامي<br>حدبة (بروز) القصبة | لقمتين<br>رباط صليبي خلفي |

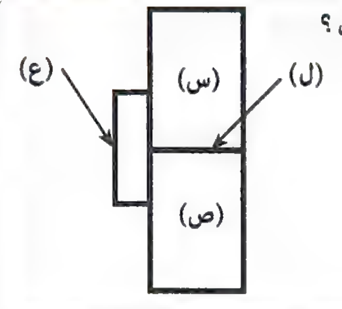
### ✪ مقارنة بين تمزق الرباط الصليبي وتمزق وتر أخيل:



| تمزق الرباط الصليبي | | تمزق وتر أخيل |
| --- | --- | --- |
| (شكل) | الشكل | (شكل) |
| ١- حدوث التواء.<br>٢- فقد الرباط مرونته.<br>٣- تعرض مفصل الركبة لضغط خارجي قوي. | السبب | ١- بذل مجهود عنيف.<br>٢- تقلص العضلة التوأمية بشكل مفاجئ.<br>٣- انعدام المرونة في العضلة التوأمية. |
| • عدم القدرة على المشي.<br>• آلام حادة وتورم سريع عند مفصل الركبة.<br>• انعدام الثبات في مفصل الركبة. | الأعراض | • عدم القدرة على المشي.<br>• آلام حادة.<br>• ثقل في حركة القدم. |
| • استخدام أدوية مضادة للالتهابات ومسكنة للآلام.<br>• استخدام جبيرة طبية.<br>• التدخل الجراحي في بعض الحالات.<br>• الراحة التامة وعدم بذل مجهود حركي. | العلاج | • استخدام أدوية مضادة للالتهابات ومسكنة للآلام.<br>• استخدام جبيرة طبية.<br>• التدخل الجراحي وذلك في حالة إذا كان تمزق الوتر كاملًا. |

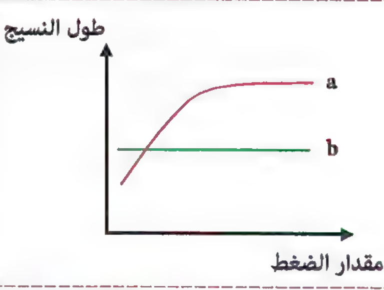
## أسئلة الأداء الذاتي:

٢٣ إذا كان التركيبان س ، ص يتركبان من نفس النسيج والتركيب ع يربط بينهما، ماذا يمثل الرمز ل ؟



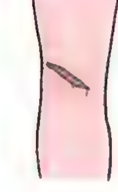

Ⓐ وتر
Ⓑ رباط
Ⓒ مفصل
Ⓓ عضلة

٢٤ من الشكل المقابل، ما التركيبين المشار إليهما بالرمزين a ، b على الترتيب ..........



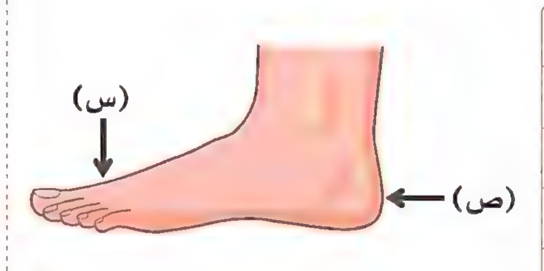

Ⓐ الأوتار – الأربطة
Ⓑ الأوتار – الغضاريف
Ⓒ الأربطة – الأوتار
Ⓓ الغضاريف – العضلات

٢٥ يقوم الطبيب أثناء إحدى العمليات الجراحية بإجراء القطع الجرحي الموضح بالشكل المقابل لعلاج ..........



Ⓐ تمزق الرباط الصليبي الخلفي
Ⓑ تمزق الرباط الوسطى
Ⓒ تمزق الرباط الصليبي الأمامي
Ⓓ تمزق الرباط الجانبي

٢٦ أي البدائل التالية تعبر عن اتجاه حركة الأجزاء س ، ص من القدم عند وصول إشارة عصبية منتظمة للعضلة التوأمية ؟




| | اتجاه حركة الجزء س | اتجاه حركة الجزء ص |
|---|---|---|
| Ⓐ | لأسفل | لأسفل |
| Ⓑ | لأعلي | لأسفل |
| Ⓒ | لأسفل | لأ علي |
| Ⓓ | لأعلي | لأعلي |



الفصل 1

الـدرس الثاني

# الحركة في الكائنات الحية

## مفهوم الحركة

ظاهرة تميز جميع أنواع الكائنات الحية وهي تنشأ ذاتيًا نتيجة تعرض الكائن الحي لإثارة ما فيستجيب لها إيجابًا أو سلبًا وفي كلتا الحالتين تكون الاستجابة حدوث الحركة.

## ملحوظات

- الاسـتجابة الحركيـة الإيجابيـة: حركة جزء أو كل أجـزاء الكائن الحي فـي نفس اتجـاه المؤثر الذي يتعرض لـه مثل حركة سـاق نبات الشـوفان عند التعرض للضوء. (انتحـاء ضوئي موجب).
- الاسـتجابة الحركية السـلبية: حركة جـزء أو كل أجـزاء الكائن الحي بعيـدا عن اتجاه المؤثـر الذي يتعرض لـه مثل حركة جـذر نبات الشـوفان عند التعرض للضـوء. (انتحاء ضوئي سـالب).

## أنواع الحركة في الكائنات الحية

| | حركة دائبة | حركة موضعية | حركة كلية |
|---|---|---|---|
| موضع حدوثها | داخل كل خلية من خلايا الكائن الحي. | تحدث لبعض أجزاء الكائن الحي. | يتحرك بها الكائن الحي من مكان لأخر. |
| أهميتها | استمرار الأنشطة الحيوية داخل الخلايا. | أداء الجسم لحركاته الميكانيكية . | بحثًا عن الغذاء أو سعيًا وراء الجنس الآخر أو تلافيًا لخطر ما في بيئته. |
| أمثلة | الحركة الدورانية السيتوبلازمية. | الحركة الدودية في أمعاء الفقاريات. | هجرة الطيور. |

## شروط الحركة وحفظ التوازن في الحيوان

**وجود مرتكز (هيكل) صلب**

١ تتصل به العضلات؛ ليتمكن الحيوان من الحركة والمحافظة على توازنه.

٢ يتكون الهيكل من قطع تتصل ببعضها اتصالاً مفصلياً يتيح الحركة.

قد يكون هذا الهيكل

**هيكلاً خارجيًا**
كما في المفصليات
(القشريات والعنكبيات والحشرات ومتعددة الأرجل).

**هيكلاً داخليًا**
كما في الفقاريات
فيسمي هيكل الحيوان.

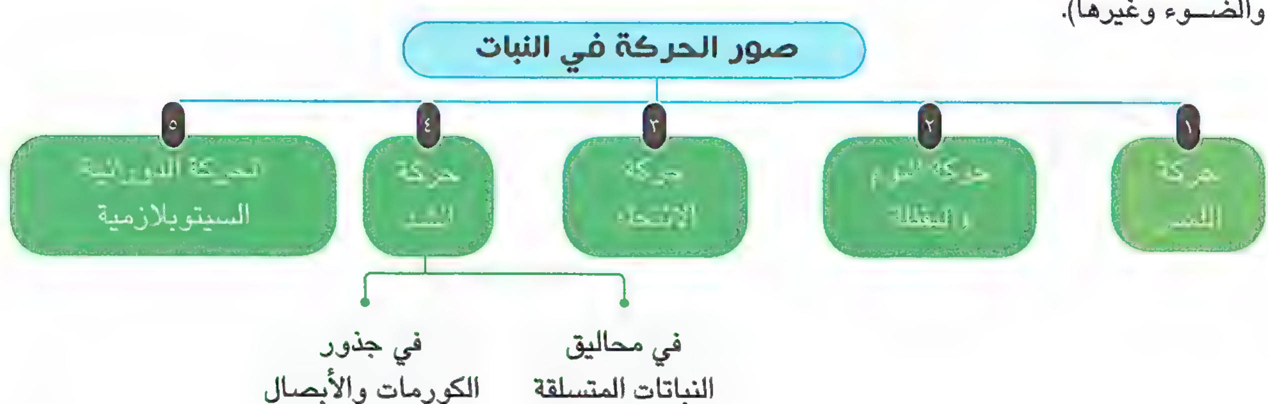
قد يكون

**عظمي**
كما في الأسماك العظمية
(سمكة البلطي والبوري).

**غضروفي**
كما في الأسماك الغضروفية
(سمكة القرش والراي).

## أولاً الحركة في النبات Locomotion in Pant

تتعدد أنواع الحركة في النبات لاختلاف نوع المثير الذي يتعرض له النبات (مثل: الرطوبة والجاذبية واللمس والضوء وغيرها).



### ✪ مقارنة بين حركة اللمس وحركة النوم واليقظة وحركة الانتحاء

| | ١ حركة اللمس | ٢ حركة النوم واليقظة | ٣ حركة الانتحاء |
|---|---|---|---|
| مكان الحدوث | في بعض وريقات نبات المستحية. | نبات المستحية وبعض البقوليات. | الأجزاء المختلفة من النباتات. |
| آلية الحدوث | تتدلى الوريقات بمجرد لمسها كما لو أصابها الذبول. | • تتقارب الوريقات بحلول الظلام مما يعبر عن نوم النبات.<br>• تنبسط الوريقات بحلول النور مما يعبر عن يقظة النبات. | تستجيب مختلف أجزاء النبات لمؤثرات مختلفة منها الضوء والرطوبة والجاذبية فتنتحي نحو المؤثر أو بعيدًا عنه. |

## للاطلاع فقط

- أوراق نبات المستحية ريشية مركبة تتكون من انتفاخات أولية في نهايتها محاور أولية يمتد منها انتفاخات ثانوية في نهايتها محاور ثانوية تمتد منها الوريقات التي يوجد عند قاعدتها انتفاخ آخر.
- جدر خلايا النصف السفلي للانتفاخات الموجودة في قاعدة الوريقات أكثر رقة وحساسية من جدر خلايا النصف العلوي.
- بمجرد لمس الوريقات أو حدوث الظلام تتكون مواد كيميائية بفعل الجدار الخلوي تحفز الفجوات العصارية لخلايا الجزء السفلي من الانتفاخات لطرد أيونات البوتاسيوم والتي يصاحبها خروج جزيئات ماء للأنسجة المجاورة (فقد الدعامة الفسيولوجية) فتنقلص السطوح السفلية للانتفاخ وتنحني المحاور الأولية نحو الأرض وتنخفض المحاور الثانوية وتنطبق الوريقات المتقابلة بعضها على بعض ويحدث العكس عند زوال التنبيه.



آلية حدوث حركة اللمس في نبات المستحية

## للاطلاع فقط

◆ **تعريف الانتحاء:**

استجابة النبات النامي لمؤثر خارجي (مثل الضوء ، الجاذبية الأرضية ، الرطوبة) عند تعرضه لأحدها بصورة غير متساوية فتنحني الأجزاء المختلفة من النبات إما نحو الضوء (موجب) أو بعيدًا عنه (سالب).

◆ **شرط حدوث الانتحاء:**

١- تعرض أحد الأجزاء النباتية لمثير خارجي بصورة غير متساوية.

٢- وجود القمم النامية للنبات بشكل سليم وعدم إزالتها أو عزلها باستخدام صفيحة ميكا أو غطاء أسود.

◆ تستجيب الأجزاء المختلفة من النبات للانتحاء نتيجة التوزيع غير المتساوي للأوكسينات (مواد كيميائية تفرزها الخلايا الحية في القمم النامية والبراعم النباتية) عند التعرض للمؤثر من جانب واحد والذي بدوره يؤثر على معدل استطالة الخلايا في الجانب المواجه للمؤثر مقارنة بالجانب البعيد عن المؤثر مما يسبب الانحناء نحو أو بعيدًا عن المؤثر.

◆ **يختلف تأثير الأوكسينات في الساق عن الجذر:** لأن تركيز الأوكسينات اللازم لاستطالة خلايا الجذر أقل بكثير من تركيز الأوكسينات اللازم لاستطالة خلايا الساق وهو ما يفسر أن زيادة تركيز الأوكسينات في الساق يحفز النمو والاستطالة بينما زيادة تركيزها في الجذر يثبط النمو والاستطالة.

◆ **شرط حدوث الانتحاء الأرضي** أن يكون النبات في وضع أفقي حر.

| | الضوء | الرطوبة | الجاذبية الأرضية |
|---|---|---|---|
| الساق | منتحٍ موجب. | لا يتأثر. | منتحٍ سالب. |
| الجذر | منتحٍ سالب. | منتحٍ موجب. | منتحٍ موجب. |



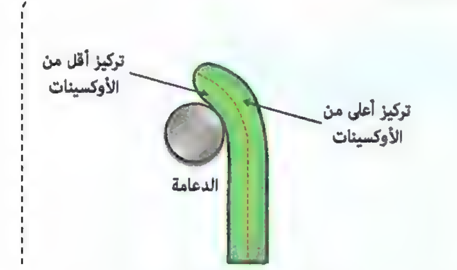
أنواع الانتحاء في النبات

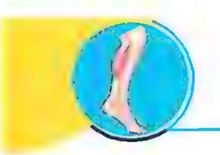
## ٤ حركة الشد

| | ١ حركة الشد بالمحاليق | ٢ حركة الشد بالجذور الشادة |
|---|---|---|
| المفهوم | التفاف محلاق النبات المتسلق حول الدعامة فيقوم بشد ساق النبات نحو الدعامة. | تقلص جذور السيقان الأرضية المختزنة للغذاء كالكورمات والأبصال فيشد النبات لأسفل. |
| آلية الحدوث | ١ يبدأ الحالق عمله بأن يدور في الهواء حتى يلامس جسمًا صلبًا (دعامة).<br>٢ يلتف الحالق حول الجسم الصلب بمجرد لمسه ويوثق الالتصاق به.<br>٣ يتموج ما بقي من أجزاء الحالق في حركة لولبية فينقص طوله وبذلك يقترب الساق نحو الدعامة فيستقيم الساق رأسياً.<br>٤ يتغلظ الحالق لما يتكون فيه من أنسجة دعامية فيقوى ويشتد. | ١ تتقلص جذور الكورمة أو البصلة فتشد النبات إلى أسفل.<br>٢ تهبط الكورمة أو البصلة إلى المستوى الطبيعي المناسب لها من التربة. |
| الأهمية | استقامة ساق النبات المتسلق رأسيًا. | تظل الساق الأرضية (الكورمة أو البصلة) دائمًا على بعد مناسب وطبيعي من التربة مما يزيد من تدعيمها وتأمين أجزائها الهوائية ضد تأثير الرياح. |
| اتجاه الحركة | لأعلى | لأسفل |
| أمثلة | النباتات المتسلقة مثل البازلاء والعنب والخيار واللوف. | • الكورمات كالقلقاس<br>• الأبصال كأبصال النرجس. |
| الشكل التوضيحي | محلاق – جسم صلب – ساق | سطح الأرض – العمق بالسنتيمترات – (١) (٢) (٣) (٤) |

### ملحوظات

- يلتف المحلاق حول الدعامة بسبب:
  - بطء نمو المنطقة التي تلامس الدعامة (أقل في تركيز الأوكسينات).
  - وسرعة نمو المنطقة التي لا تلامس الدعامة فتستطيل (أعلى في تركيز الأوكسينات).
  ، مما يؤدي إلى التفاف الحالق حول الدعامة.
- إذا لم يجد الحالق في حركته الدورانية ما يلتصق به (الدعامة) لا تستقيم ساق النبات رأسيًا إلى أعلى ويفقد تدعيمه فيذبل ويموت.









## ٥ الحركة الدورانية السيتوبلازمية

انسياب السيتوبلازم في حركة دورانية مستمرة داخل الخلية في اتجاه واحد.

**✪ كيفية التوصل إليها:**



الحركة الدورانية للسيتوبلازم

- عند فحص خلية ورقة الإيلوديا (نبات مائي) تحت القوة الكبرى للمجهر يظهر السيتوبلازم على هيئة طبقة رقيقة تبطن جدار الخلية من الداخل ... علل ؟

لأن الفجوة العصارية في الخلية النباتية تشغل معظم حجمها لامتلائها بالماء نتيجة امتصاصه بالخاصية الأسموزية لتدعيم الخلية النباتية كدعامة فسيولوجية.

- يمكن الاستدلال على حركة السيتوبلازم من خلال دوران البلاستيدات الخضراء المنغمسة في السيتوبلازم محمولة في تياره.




• النباتات التي تظهر فيها حركة الشد بالجذور الشادة كأبصال النرجس:

- يزداد فيها معدل نمو الجذر لأسفل تدريجيًا (العمق)

، بينما يزداد طول الجذر تدريجيًا ثم يقل طوله نتيجة تقلصه فيشد الساق الأرضية المختزنة للغذاء (البصلة أو الكورمة) لأسفل على دورات منتظمة ليعمل على تثبيتها في الأرض وحمايتها من الاقتلاع تحت تأثير العوامل البيئية الخارجية كالرياح.





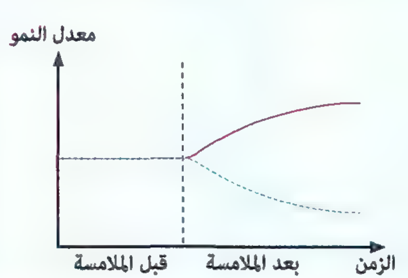


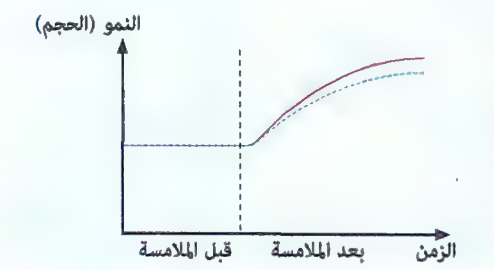
• عندما يلامس المحلاق دعامة مناسبة:

- يزداد تركيز الأوكسينات (معدل أو سرعة النمو) في الجانب غير الملامس للدعامة

، بينما يقل تركيز الأوكسينات (معدل وسرعة النمو) في الجانب الملامس للدعامة أي يستمر هذا الجانب في النمو لكن بمعدل أقل من الوضع السائد قبل التلامس.

الجانب الملامس للدعامة ............ الجانب غير الملامس للدعامة ————



## أسئلة الأداء الذاتي:

**١** أي الخلايا التالية عند فحصها بالميكروسكوب يصعب الاستدلال على وجود الحركة الدائبة داخلها ؟

Ⓐ الخلايا البارانشيمية فقط
Ⓑ الخلايا البارانشيمية والكولنشيمية
Ⓒ الخلايا الإسكلرنشيمية فقط
Ⓓ الخلايا الإسكلرنشيمية والفلينية



**٢** أي العبارات التالية صحيحة بالنسبة للشكل المقابل ؟

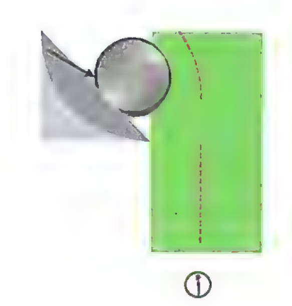
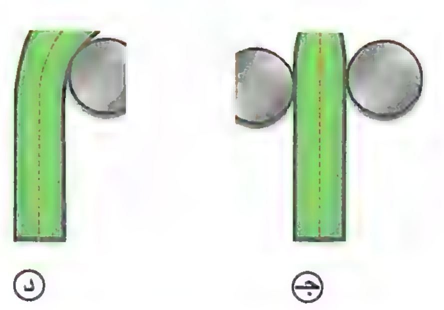


Ⓐ تساعد حركة ٣ في استقامة ٢
Ⓑ تساعد حركة ١ في استقامة ٣
Ⓒ تهدف حركة ١ و٢ إلى زيادة معدل النتح
Ⓓ تعتمد حركة التركيب ١ على قوة الجاذبية

**٣** الشكل التالي يعبر عن الكمية النسبية الأوكسينات في جانبي محلاق نباتي، أي الأشكال التالية يعبر بشكل صحيح عن النسب المذكورة بهذا الجدول ؟



| الجانب | س | ص |
|---|---|---|
| كمية الأوكسينات | $٢ \times ١٠^{-٢}$ | $٢ \times ١٠^{-٣}$ |

Ⓐ Ⓑ Ⓒ Ⓓ

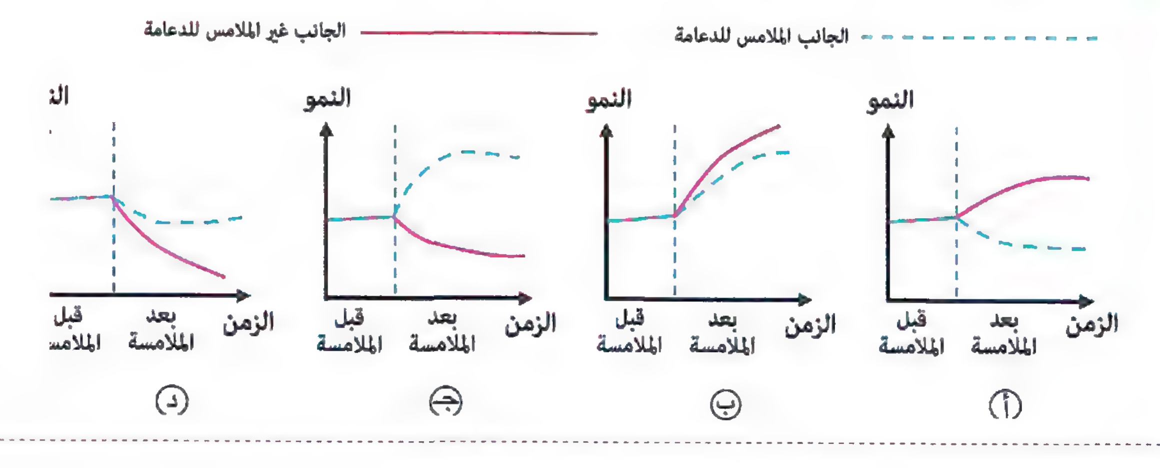
**٤** الجدول المقابل يوضح بعض خصائص أحد النباتات، ما الذي يمكنك استنتاجه من خلال دراستك للجدول وربط هذه الخصائص ببعضها ؟



| | |
|---|---|
| ارتفاع الساق عن سطح التربة | ٢٤ سم |
| عمق النبات في التربة | ١١ سم |

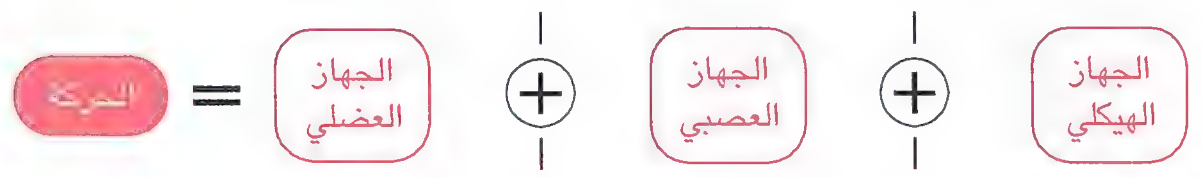
Ⓐ ساق النبات ضعيفة وتحتاج لكمية كبيرة من الأوكسينات
Ⓑ ساق النبات منحنية لتعرضها للضوء من جانب واحد
Ⓒ الأنسجة الدعامية بساق النبات قليلة وتم شدها بواسطة الجذور لأسفل
Ⓓ الأنسجة الدعامية بساق النبات قليلة ويتطلب شدها لأعلى بواسطة المحاليق

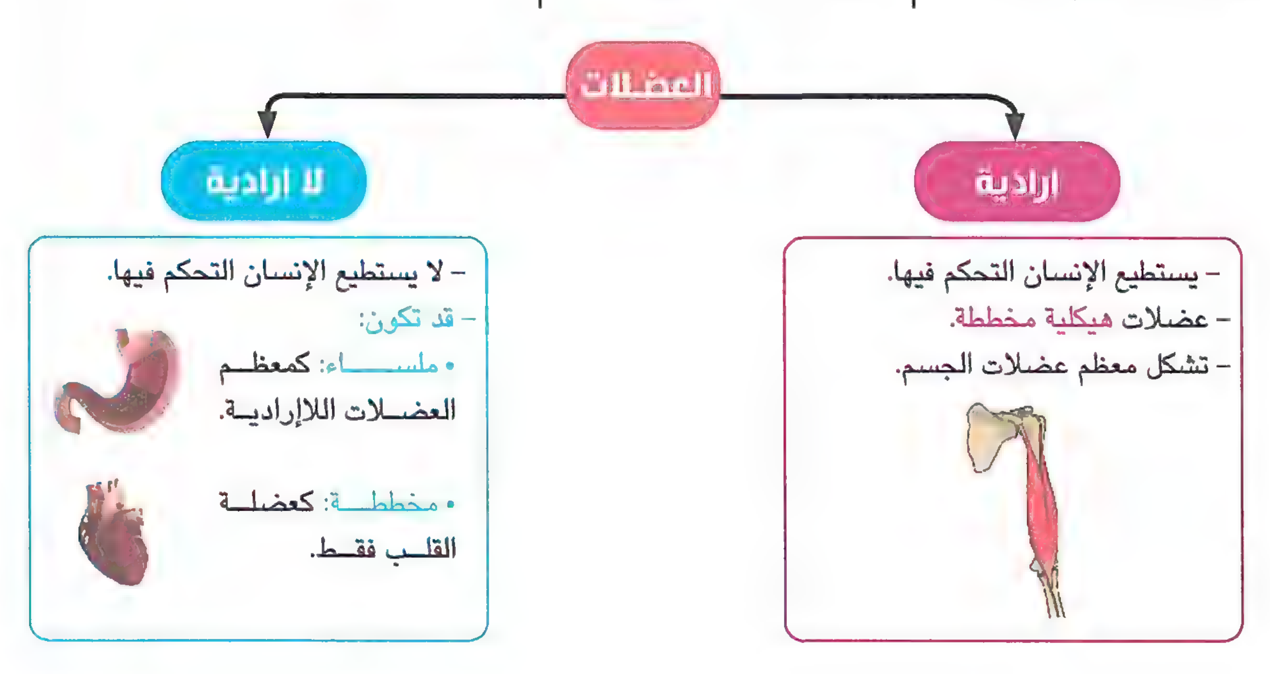
**٥** أي الأشكال البيانية التالية تعبر عن استطالة خلايا جانبي حالق نبات البازلاء قبل وبعد ملامسة دعامة صلبة ؟



## ثانياً الحركة في الإنسان

لمّا كان الإنسان أرقى الكائنات الحية فسنتناول بالدراسة فيما يلي الحركة في الإنسان كمثال للثدييات، ولو أنك تأملت حركة يديك وأنت تقلب صفحات الكتاب أو حركة قدميك وأنت في طريقك إلى المدرسة لوجدت أنك تعتمد في الحركة على ثلاثة أجهزة هي:



## للاطلاع فقط

- تنقسم عضلات الجسم إلى:

| | العضلات الهيكلية | العضلات القلبية | العضلات الملساء |
|---|---|---|---|
| التخطيط | مخططة ومتوازية | مخططة ومتفرعة وبها أقراص بينية | مغزلية غير مخططة |
| التحكم | إرادية يمكن التحكم فيها. | لا إرادية لا يمكن التحكم فيها. | لا إرادية لا يمكن التحكم فيها. |
| عدد الأنوية داخل الليفة العضلية الواحدة | متعدد الأنوية | تحتوي غالبا على نواة واحدة أو نواتين في بعض الخلايا. | وحيدة النواة. |
| قطر الليفة العضلية | أكبر ما يمكن | متوسطة | أقل ما يمكن |
| معدل التجدد | متوسط | لا تتجدد مطلقا | عالي |
| الأمثلة | العضلة التوأمية - عضلة الحجاب الحاجز - عضلات الوجه والعين. | عضلة القلب | جدران الأوعية الدموية - جدار القناة الهضمية - المثانة البولية - حدقة العين. |



- الحركة التي تعتمد على العضلات الملساء لا تتطلب وجود جهاز هيكلي تتصل به العضلات مثل الحركة الدودية في أمعاء الفقاريات.
- العضلات المسئولة عن حفظ اتزان الجسم أثناء الجلوس أو الوقوف عضلات هيكلية مخططة مثل عضلات الجذع والرقبة والأطراف السفلية.
- العضلات المسئولة عن انتصاب الشعر أثناء الخوف أو البرد الشديد عضلات ملساء غير مخططة.
- العضلات المسئولة عن حركة العين (يمينًا ويسارًا - لأعلى ولأسفل) عضلات هيكلية مخططة، بينما العضلات المسئولة عن اتساع أو ضيق حدقة العين عضلات ملساء غير مخططة.

## الجهـــاز العضـــلي Muscular System

عبارة عن مجموع عضلات الجسم التي بواسطتها يمكن تحريك أجزاء الجسم المختلفة.

منظر أمامي وخلفي لعضلات الجسم

- يتركب الجهاز العضلي من وحدات تركيبية تسمى العضلات Muscles وهذه العضلات تمكن الإنسان من القيام بحركاته الميكانيكية والتنقل من مكان لآخر.

## العضـلات

✪ **تكوينها:** مجموعة من الأنسجة العضلية والتي تعرف بـ(اللحم).

✪ **عددها:** حوالي ٦٢٠ عضلة أو أكثر.

✪ **خصائصها:**

- خيطية الشكل بوجه عام.
- لها قدرة على الانقباض والانبساط لتأدية الأنشطة والوظائف المختلفة.

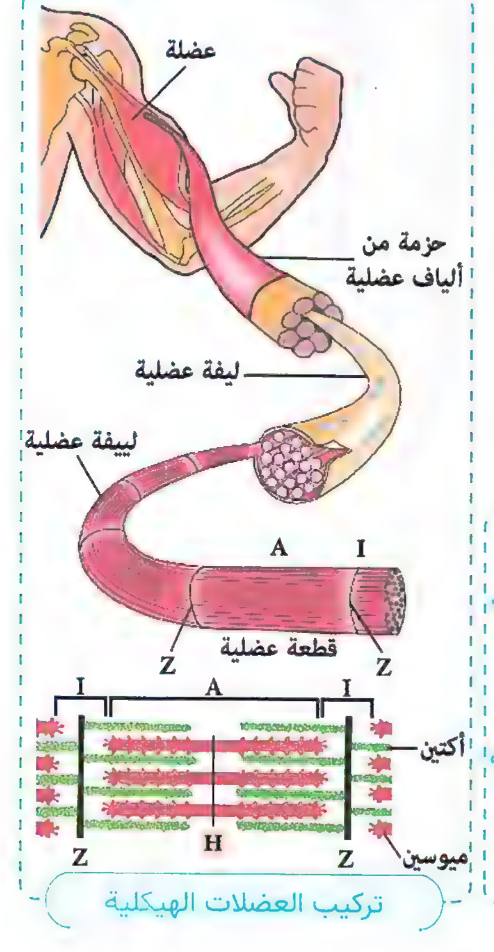
✪ **وظائفها:**

1. الحركة وتشمل تغيير وضع عضو معين بالنسبة لباقي أعضاء الجسم.
2. أداء الجسم لحركاته الميكانيكية، مثل: الكتابة ، الرسم ، عزف البيانو.
3. الانتقال من مكان لآخر
4. المحافظة على وضع الجسم من حيث الجلوس أو الوقوف بفضل عضلات الرقبة والجذع والأطراف السفلية.
5. استمرار تحرك الدم داخل الأوعية الدموية والمحافظة على ضغط الدم نتيجة انقباض العضلات اللاإرادية الملساء التي تبطن جدران هذه الأوعية الدموية.

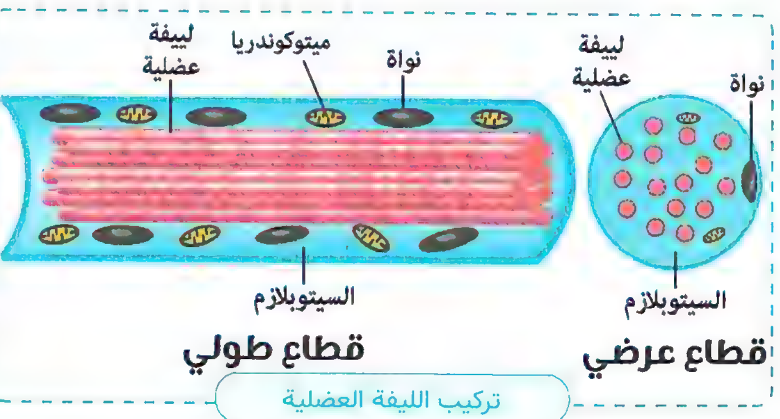
## تركيب العضلة الهيكلية

- تتركب العضلة الهيكلية من عدد كبير من خيوط رفيعة متماسكة مع بعضها تسمى الألياف (الخلايا) العضلية Muscle Fibers
- توجد الألياف العضلية دائمًا في مجموعات تعرف بـ الحزم العضلية وهي التي تحاط بغشاء يعرف بـ «غشاء الحزمة».
- كل ليفة (خلية) عضلية تتكون من:

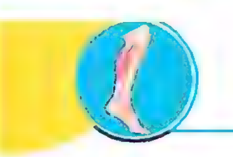
1. المادة الحية (البروتوبلازم) التي تشمل: السيتوبلازم (الذي يعرف في العضلات بالساركوبلازم) وعدد كبير من الأنوية.
2. غشاء خلوي يحيط بالساركوبلازم يعرف بـ«الساركوليما».
3. مجموعة من لييفات عضلية Myofibrils يتراوح عددها ما بين ١٠٠٠:٢٠٠٠ لييفة مرتبة طوليًا وموازية للمحور الطولي للعضلة.



تركيب العضلات الهيكلية



تركيب الليفة العضلية






- كل ليفة عضلية تتكون من:

**① مجموعة من الأقراص (المناطق) المضيئة:**

- يرمز لها بالرمز (I).
- تتكون من خيوط بروتينية رفيعة تسمى أكتين Actin ويقطعها في منتصفها خط داكن يرمز له بـ (Z).

**② مجموعة من الأقراص (المناطق) الداكنة:**

- يرمز لها بـ(A).
- تتكون من خيوط الأكتين بالإضافة إلى نوع آخر من الخيوط البروتينية السميكة تسمى الميوسين Myosin، ويتوسطها منطقة شبه مضيئة يرمز لها بـ(H) وهي تتكون من خيوط الميوسين فقط.

### القطعة العضلية (الساركومير Sarcomere)

المسافة بين كل خطين متتاليين (Z) والموجودة في منتصف المناطق المضيئة في الليفة العضلية.

### الساركوبلازم Sarcoplasm

سيتوبلازم موجود في الليفة العضلية يحتوي على عدد كبير من الأنوية.

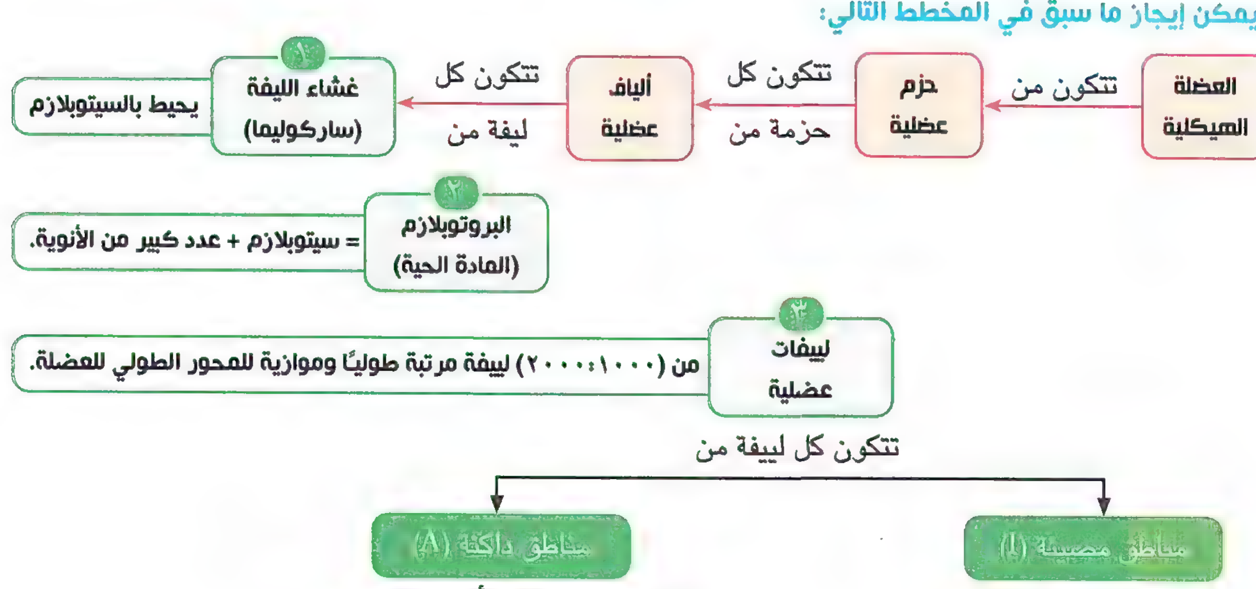
### الساركوليما Sarcolemma

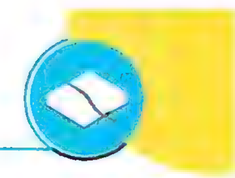
غشاء خلوي يحيط بسيتوبلازم الليفة العضلية.

### ملحوظات

- المناطق التي بها أكتين فقط هي المناطق المضيئة (I).
- المناطق التي بها ميوسين فقط هي المناطق شبه المضيئة (H).
- المناطق التي بها أكتين وميوسين معًا هي المناطق الداكنة (A).
- تسمى العضلات الهيكلية والقلبية بالعضلات المخططة؛ لأنها تحتوي على مناطق مضيئة بها خيوط أكتينية رفيعة ومناطق داكنة بها خيوط أكتينية رفيعة وأخرى ميوسينية سميكة.
  بينما تسمى العضلات الملساء بالعضلات غير المخططة؛ لأنها لا تحتوي على هذه المناطق إلا أنه حديثًا هناك بعض التقارير العلمية التي تثبت وجود خيوط بروتينية تشبه إلى حد كبير خيوط الأكتين.
- تحتوي العضلات على عدد كبير من الميتوكوندريا؛ لأنها تحتاج كمية كبيرة من الطاقة التي تنتجها الميتوكوندريا واللازمة لعملية الانقباض والانبساط مما يسمح بالحركة وتأدية أنشطة ووظائف الجسم المختلفة.

**ويمكن إيجاز ما سبق في المخطط التالي:**










عضلة ميكلية

حزمة عضلية

ليفة عضلية

A
I

Z = Zwischen = between
I = Isotropic
A = Anisotropic
H = Heller = brighter

Z قطعة عضلية Z H لييفة عضلية

Z H Z

أكتين

ميوسين



تطبيقات

• عدد الألياف العضلية الموجودة في العضلة = عدد الحزم × عدد الألياف العضلية الموجودة في كل حزمة.
• أقل عدد من الليفات العضلية = عدد الألياف العضلية × ١٠٠٠
• أكبر عدد من الليفات العضلية = عدد الألياف العضلية ×٢٠٠٠

سؤال:

• عضلة هيكلية مكونة من ٥ حزم ، وكل حزمة تتكون من ٢٥ ليفة عضلية احسب:
١- عدد الألياف العضلية المكونة للعضلة.
٢- أقل عدد من الليفات العضلية المكونة للعضلة.
الإجابة:
١- عدد الألياف في العضلة = عدد الحزم × عدد ألياف كل حزمة = ٥ × ٢٥ = ١٢٥ ليفة.
٢- أقل عدد من الليفات العضلية = عدد الألياف × ١٠٠٠ = ١٢٥×١٠٠٠ = ١٢٥٠٠٠ لييفة.

تطبيقات

• عدد المناطق الداكنة (A) = عدد المناطق شبه المضيئة (H) = عدد القطع العضلية.
• عدد المناطق المضيئة (I) = عدد خطوط (Z) = عدد القطع العضلية + ١
• عدد المناطق المضيئة الكاملة = عدد القطع العضلية - ١ = عدد المناطق المضيئة - ٢
• عدد المناطق المضيئة غير الكاملة = ٢ فقط دائمًا.
• عدد القطع العضلية = عدد خيوط (Z) - ١ = عدد المناطق شبه المضيئة (H) = عدد الأقراص (A)
= عدد الأقراص المضيئة - ١ = عدد الأقراص المضيئة الكاملة + ١

سؤال:

• لييفة عضلية تتكون من ٤ مناطق داكنة (A) احسب:
١- عدد القطع العضلية.
٢- عدد الخطوط الداكنة (Z).
٣- عدد المناطق المضيئة.
٤- عدد المناطق المضيئة الكاملة.
٥- عدد المناطق المضيئة غير الكاملة.
٦- عدد المناطق شبه المضيئة (H) أثناء الانقباض التام.
الإجابة:
١- عدد القطع العضلية = عدد المناطق الداكنة = ٤
٢- عدد الخطوط الداكنة = عدد القطع + ١ = ٤ + ١ = ٥
٣- عدد المناطق المضيئة = عدد المناطق الداكنة +١ = ٤ + ١ = ٥
٤- عدد المناطق المضيئة الكاملة = عدد القطع - ١ = ٤ - ١ = ٣
٥- عدد المناطق المضيئة غير الكاملة = ٢
٦- عدد المناطق شبه المضيئة (H) أثناء الانقباض التام = صفر.

## الانقباض العضلي

العضلات هي المسئولة عن الحركات المختلفة للجسم وذلك لقدرتها على الانقباض والانبساط لتأدية أنشطة ووظائف الجسم المختلفة.

### أولاً التغيرات الكهربية التي تطرأ على العضلات الهيكلية أثناء الانقباض والانبساط

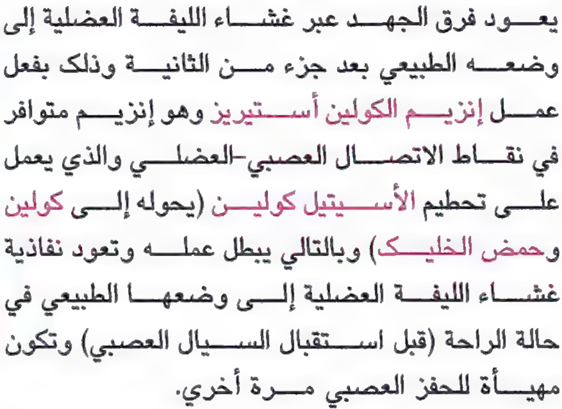
- المؤثر الذي يسبب انقباض العضلة الإرادية هو وصول السيالات العصبية عن طريق الخلايا العصبية الحركية الآتية من المخ والحبل الشوكي والتي تتصل نهاياتها العصبية اتصالاً محكمًا بالليفة العضلية مكونةً التشابك العصبي-العضلي Synapse.

- تمر العضلة الهيكلية أثناء الانقباض العضلي بثلاث مراحل متتالية كما يلي:

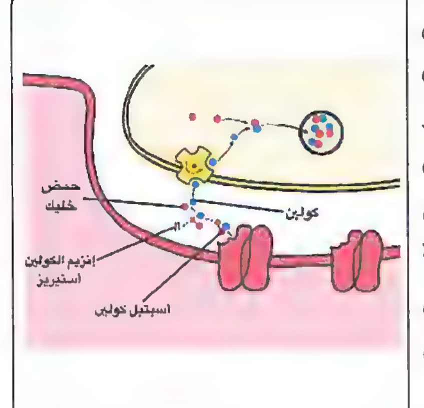
| اسم المرحلة | التغيرات الكهربية | صورة توضيحية |
|---|---|---|
| **مرحلة الراحة** (قبل وصول السيال العصبي للعضلة) | في العضلات الهيكلية الإرادية يكون:<br>• السطح الخارجي: يحمل شحنات موجبة.<br>• السطح الداخلي: يحمل شحنات سالبة.<br>، ينشأ فرق في الجهد بينهما نتيجة للفرق في تركيز الأيونات خارج وداخل غشاء الليفة العضلية وتصبح العضلة في حالة استقطاب Polarization.<br>خارج + + + + + + + + +<br>غشاء الليفة<br>داخل - - - - - - - - - - - | تفرع نهائي لليف عصبي، حويصلات بها ناقل عصبي، انتفاخ تشابكي (زر)، شق التشابك، غشاء خلية عضلية، مستقبل الناقل العصبي، $Ca^{++}$، $Na^{+}$ |
| **مرحلة الإثارة** (أثناء وصول السيال العصبي للعضلة) | - عند وصول السيال العصبي إلى الحويصلات بالنهايات العصبية للخلايا العصبية الحركية تدخل أيونات الكالسيوم إليها فتعمل على تفجيرها وتحرر بعض المواد الكيميائية التي تعرف بالنواقل العصبية مثل الأسيتيل كولين.<br>- تسبح النواقل العصبية في الفراغ الموجود بين النهايات العصبية وغشاء الليفة العضلية حتى تصل لسطح الليفة العضلية.<br>- تزداد نفاذية غشاء الخلية لأيونات الصوديوم الموجبة نحو الداخل بسرعة فتنعكس الشحنات ويصبح الغشاء الخارجي سالبًا والداخلي موجبًا فيتلاشى فرق الجهد وتصبح العضلة في حالة لا استقطاب Depolarization مما يؤدي إلى انقباض العضلة.<br>خارج - - - - - - - - - - -<br>غشاء الليفة<br>داخل + + + + + + + + + | انتفاخ تشابكي، شق التشابك، أسيتيل كولين، غشاء خلية عضلية، مستقبل الناقل العصبي، $Ca^{++}$، $Na^{+}$ |

### مرحلة العودة إلى الراحة

(بعد جزء من الثانية من وصول السيال العصبي للعضلة)



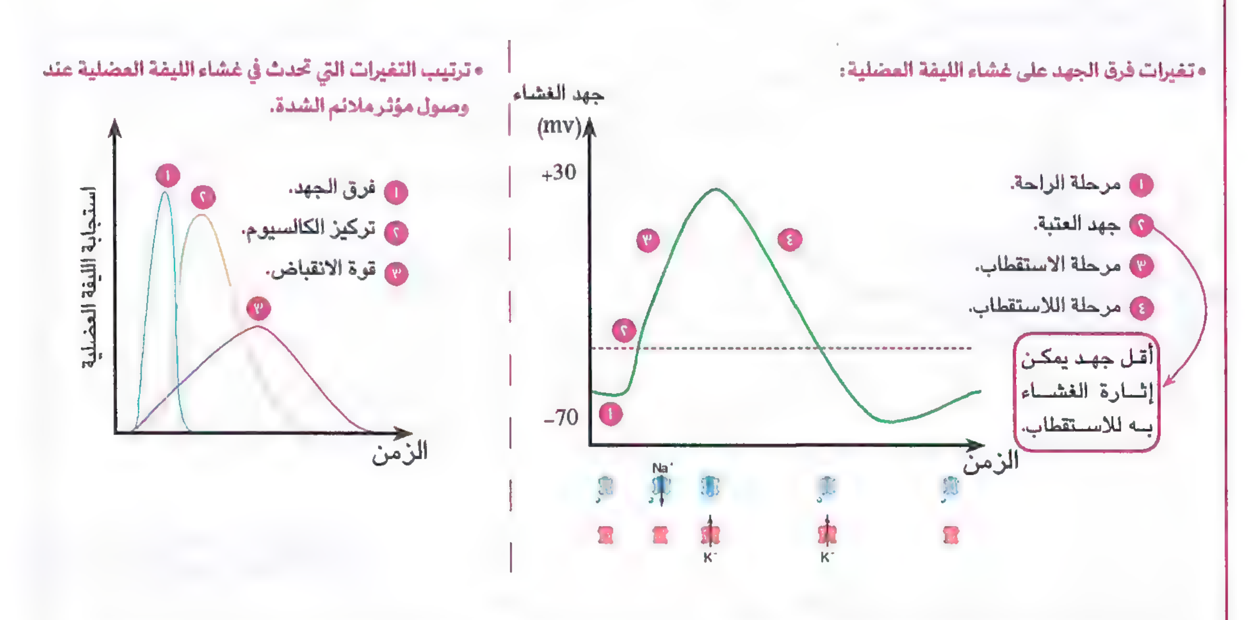
يعود فرق الجهد عبر غشاء الليفة العضلية إلى وضعه الطبيعي بعد جزء من الثانية وذلك بفعل عمل إنزيم الكولين أستيريز وهو إنزيم متوافر في نقاط الاتصال العصبي-العضلي والذي يعمل على تحطيم الأستيل كولين (يحوله إلى كولين وحمض الخليك) وبالتالي يبطل عمله وتعود نفاذية غشاء الليفة العضلية إلى وضعها الطبيعي في حالة الراحة (قبل استقبال السيال العصبي) وتكون مهيأة للحفز العصبي مرة أخري.




## للاطلاع فقط

- في وضع الراحة:
  - يكون إجمالي عدد الشحنات الموجبة المتراكمة خارج الساركوليما أكبر من تلك المتراكمة داخلها..
  - يكون إجمالي عدد الشحنات السالبة المتراكمة خارج الساركوليما أقل من تلك المتراكمة داخلها..

  لذا يوصف غشاء الليفة العضلية (الساركوليما) أنه في حالة من الاستقطاب ويكون فرق الجهد الكهربي بينهما مساويا لقيمة سالبة تختلف من عضلة هيكلية لأخرى.
- بوابات الكالسيوم الموجودة عند النهايات العصبية بوابات كهربية Voltage Gated Channels يشترط لفتحها وصول إشارة كهربية منتظمة للنهايات العصبية تؤدي إلى تغير فرق الجهد الكهربي إلى قيمة مناسبة.
- بوابات الصوديوم الموجودة على الساركوليما في منطقة التشابك العصبي العضلي بوابات كيميائية Ligand Gate Channels يشترط لفتحها ارتباط مادة كيميائية مثل النواقل العصبية (الأستيل كولين) بمستقبلات مجاورة لها.




- يوجد العديد من المواد الكيميائية مثل الأدوية والسموم التي يمكنها الارتباط بإنزيم الكولين أستيريز عند المواقع النشطة للإنزيم مما يؤدي إلى تثبيطه ومنع ارتباطه بالأستيل كولين وبالتالي يظل الأستيل كولين نشطًا في مناطق التشابك العصبي العضلي ويستمر انقباض العضلة مما قد يؤدي إلى شد عضلي في بعض الحالات.

## ثانيًا التفسير الميكانيكي لانقباض العضلات (نظرية الخيوط المنزلقة لهكسلي)

**الأهمية:**

تعتبر فرضية الخيوط المنزلقة أو نظرية الانزلاق التي اقترحها هكسلي أشهر الفروض التي فسرت انقباض العضلة لأنها:

- تعتمد على التركيب المجهري الدقيق لألياف العضلات، حيث تتكون كل ليفة عضلية من مجموعة من لييفات وكل لييفة عضلية تتكون من نوعين من الخيوط البروتينية إحداهما رفيعة أكتينية والأخرى غليظة ميوسينية.
- استخدم هكسلي المجهر الإلكتروني في المقارنة بين ليفة عضلية في حالة انقباض وأخرى في حالة انبساط.

**قصور النظرية:**

استطاعت تفسير آلية انقباض العضلات الهيكلية فقط ولكنها لم تستطع تفسير آلية انقباض العضلات الملساء على رغم وجود بعض التقارير العلمية التي أثبتت أن الخيوط البروتينية في ألياف العضلات الملساء تشبه إلى حد كبير خيوط الأكتين في العضلات الهيكلية.

| | التغيرات الميكانيكية | الصورة التوضيحية |
|---|---|---|
| أثناء الانقباض | تمتد من خيوط الميوسين خيوطًا بروتينية تعرف بـ"الروابط المستعرضة" والتي تتصل بخيوط الأكتين حيث تعمل كخطاطيف تسحب «بمساعدة الطاقة المختزنة في جزيئات ATP» المجموعات المتجاورة من خيوط الأكتين باتجاه بعضها البعض فتنزلق مما يؤدي إلى انقباض العضلة. | I H I<br>$+ATP, Ca^{2+}$ |
| أثناء الانبساط | تبتعد الروابط المستعرضة عن خيوط الأكتين فتنفصل خيوط الأكتين عن خيوط الميوسين مما يؤدي لانبساط العضلة بعد استهلاك الطاقة المخزنة في جزيئات ATP فتتباعد خطوط (Z) فتعود القطعة العضلية إلى طولها الأساسي. | I H I |

**الروابط المستعرضة**

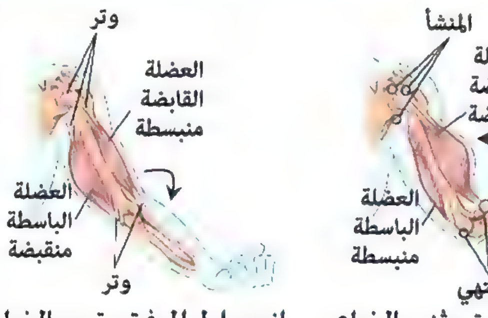
خيوط يتم تكوينها بمساعدة أيونات الكالسيوم تمتد من خيوط الميوسين لكي تتصل بخيوط الأكتين أثناء انقباض العضلة.

مما سبق نستنتج ما يلي:

| | |
|---|---|
| القطعة العضلية | يقل طولها؛ بسبب تقارب خطوط (Z) من بعضها. |
| المنطقة المضيئة (I) | يقل طولها؛ بسبب تقارب خيوط الأكتين من بعضها البعض. |
| خيوط (Z) | تتقارب من بعضها فيقل طول القطعة العضلية. |
| المنطقة الداكنة (A) | يبقى طولها كما هو. |
| المنطقة شبه المضيئة (H) | يقل أو ينعدم طولها حسب قوة الانقباض. |
| خيوط الأكتين | تتقارب من بعضها فيقل طول المنطقة المضيئة. |
| خيوط الميوسين | تمتد منها روابط تعمل كخطاطيف تسحب «بمساعدة الطاقة المختزنة في جزيئات ATP» المجموعات المتجاورة من خيوط الأكتين فتنقبض العضلة. |

## ملحوظات

- يتغير طول المنطقة المضيئة أثناء الانقباض العضلي بينما يبقى طول المنطقة الداكنة كما هو دون تغيير؛ لأن: المنطقة المضيئة تتكون من خيوط الأكتين فقط بينما المنطقة الداكنة تتكون من خيوط الأكتين والميوسين معًا، وتعتبر خيوط الأكتين متحركة بينما خيوط الميوسين ساكنة فأثناء انقباض العضلة يتم سحب المجموعات المتجاورة من خيوط الأكتين باتجاه بعضها البعض ثم تنفصل عنها وتتباعد عن بعضها أثناء الانبساط بينما تظل خيوط الميوسين كما هي.
- يقل طول العضلة الهيكلية بسبب انزلاق الخيوط البروتينية الرفيعة والسميكة على بعضها.
- يزداد سمك العضلة الهيكلية بسبب انزلاق الخيوط البروتينية الرفيعة والسميكة على بعضها.
- لا يتغير طول خيوط الأكتين والميوسين أثناء الانقباض العضلي وإنما يحدث لها انزلاق فوق بعضها فقط.



انثناء المرفق وثني الذراع
انبساط المرفق وتمدد الذراع

- أثناء الانقباض العضلي تتحول الطاقة الكيميائية المختزنة في جزيئات الـATP إلى طاقة ميكانيكية تتمثل في حركة الروابط المستعرضة وانزلاق خيوط الأكتين على خيوط الميوسين.
- الأيون الذي يحفز العضلة للانقباض: الصوديوم.
- الأيون المسئول عن نقل السيال العصبي: الكالسيوم.
- المثير الكيميائي المسبب لانقباض العضلة: الأسيتيل كولين.
- المثير الكيميائي المسبب لانبساط العضلة: الكولين أستيريز.
- المخزون المباشر للطاقة في العضلة: جزيئات ATP.
- المخزون الفعلي للطاقة في العضلة: الجليكوجين Glycogen (نشا حيواني).

عند وصول سيال عصبي إلى النهايات العصبية للخلايا العصبية الحركية تفتح بوابات الكالسيوم الموجودة في غشائها فتدخل أيونات الكالسيوم إلى داخل النهايات العصبية فتعمل على تفجير الحويصلات فتتحرر منها بعض النواقل العصبية مثل الأسيتيل كولين.

**أهمية أيونات الكالسيوم**

- الموجودة خارج الخلايا ← عند وصول سيال عصبي ...
- المتحررة من الشبكة الساركوبلازمية داخل الليفة بفعل الصوديوم ← تساعد في تكوين الروابط المستعرضة.

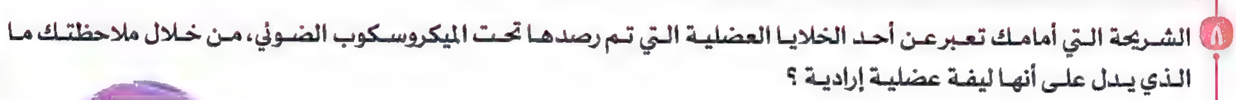
**الشبكة الساركوبلازمية**

شبكة إندوبلازمية ملساء توجد في العضلات الهيكلية تعمل على تخزين أيونات الكالسيوم الذي يلعب له دورًا مهمًا في انقباض العضلات.

**أهمية جزيئات ATP**

- أثناء انقباض العضلة ← تساعد الروابط المستعرضة في سحب المجموعات المتجاورة من خيوط الأكتين باتجاه بعضها البعض.
- أثناء انبساط العضلة ← تبتعد الروابط المستعرضة عن خيوط الأكتين وذلك عن طريق استهلاك الـATP.

## أسئلة الأداء الذاتي:



٦ جميع التراكيب التالية تتكون من نسيج ضام ماعدا ..........

ⓐ غلاف الحزمة العضلية
ⓑ غشاء الليفة العضلية
ⓒ وتر العضلة التوأمية
ⓓ الرباط الصليبي

٧ في الشكل المقابل، أي العبارات التالية لا تنطبق على هذه المرحلة من الانقباض العضلي ؟

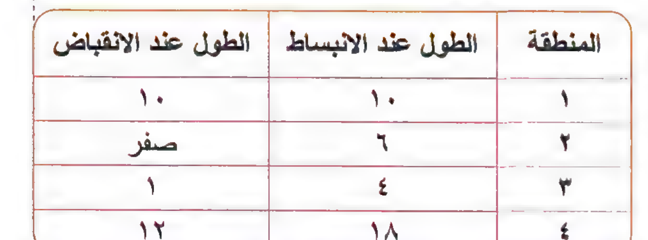
ⓐ نتجت بتأثير الأسيتيل كولين على الغشاء العضلي
ⓑ تحتاج لأيونات الكالسيوم للانتقال للمرحلة التالية
ⓒ انتهاء هذه المرحلة مشروط بوفرة جزيئات ATP
ⓓ تقل المسافة بين الخيوط البروتينية الرفيعة

$Ca^{2+}$ $Ca^{2+}$

٨ الشريحة التي أمامك تعبر عن أحد الخلايا العضلية التي تم رصدها تحت الميكروسكوب الضوئي، من خلال ملاحظتك ما الذي يدل على أنها ليفة عضلية إرادية ؟

ⓐ عدم وجود مناطق معتمة ومناطق مضيئة
ⓑ وجود عدة أنوية في الليفة العضلية الواحدة
ⓒ وجود مناطق مضيئة ومناطق داكنة
ⓓ وجود أوعية دموية تغذي الليفة العضلية

٩ الجدول التالي يوضح طول القطعة العضلية وطول مناطقها المختلفة في حالتي الانقباض والانبساط. ادرس الجدول ثم استنتج :

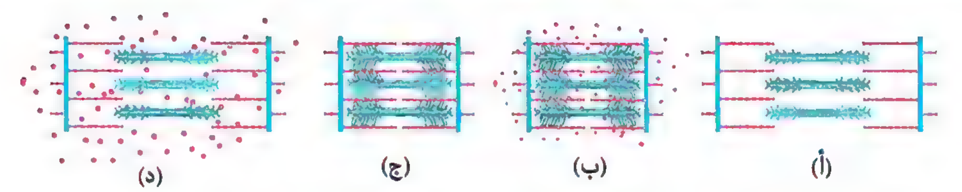


| المنطقة | الطول عند الانبساط | الطول عند الانقباض |
|---|---|---|
| ١ | ١٠ | ١٠ |
| ٢ | ٦ | صفر |
| ٣ | ٤ | ١ |
| ٤ | ١٨ | ١٢ |

ماذا تمثل كل من (١، ٢، ٣، ٤) على الترتيب ؟

Ⓐ المنطقة الداكنة – المنطقة شبه المضيئة – القطعة العضلية – المنطقة المضيئة
Ⓑ المنطقة الداكنة – المنطقة شبه المضيئة – المنطقة المضيئة – القطعة العضلية
Ⓒ المنطقة الداكنة – المنطقة المضيئة – القطعة العضلية – المنطقة شبه المضيئة
Ⓓ المنطقة الداكنة – القطعة العضلية – المنطقة شبه المضيئة – المنطقة المضيئة

١٠ في تجربة تم وضع ألياف عضلية في وسط يحتوي على أيونات الكالسيوم ($Ca^{2+}$) المشع، ادرس الأشكال التالية ثم أجب :




أي الأشكال تمثل حالة صحيحة لانتشار أيونات $Ca^{2+}$ الموزعة بتوزيع نقطي خلال القطع العضلية ؟

Ⓐ الحالة (أ) والحالة (ج)
Ⓑ الحالة (أ) والحالة (ب)
Ⓒ الحالة (د) والحالة (ب)
Ⓓ الحالة (ب) والحالة (ج)

١١ أجريت مجموعة من التجارب على الخلايا التي تظهر بالشكل المقابل ثم دونت نتائجها بالجدول التالي : حدد أي التجارب بالجدول تعتبر غير صحيحة ؟

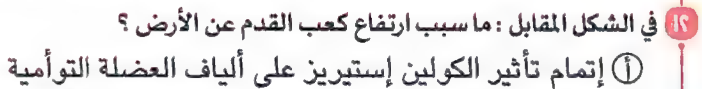



| | التجارب | الخطوات | الملاحظة |
|---|---|---|---|
| Ⓐ | تجربة A | تنبيه الخلية ٣ | إزالة استقطاب الخلية ٣ والخلية ١، ونقص عدد التراكيب ٢ |
| Ⓑ | تجربة B | تنبيه الخلية ١ | إزالة استقطاب الخلية ١ فقط وثبات عدد التراكيب ٢ |
| Ⓒ | تجربة C | حقن محتوى التراكيب ٢ في المنطقة ٤ | إزالة استقطاب الخلية ١ فقط وثبات عدد التراكيب ٢ |
| Ⓓ | تجربة D | حقن محتوى التراكيب ٢ داخل الخلية ١ | إزالة استقطاب الخلية ٣ والخلية ١، ونقص عدد التراكيب ٢ |

١٢ في الشكل المقابل : ما سبب ارتفاع كعب القدم عن الأرض ؟



Ⓐ إتمام تأثير الكولين إستيريز على ألياف العضلة التوأمية
Ⓑ إتمام تأثير الأستيل كولين على ألياف العضلة التوأمية
Ⓒ زيادة تركيز حمض اللاكتيك بألياف العضلة التوأمية
Ⓓ زيادة تركيز حمض الأسيتيك بألياف العضلة التوأمية










# الوحـــدة الحركيـــة

**التعريف**

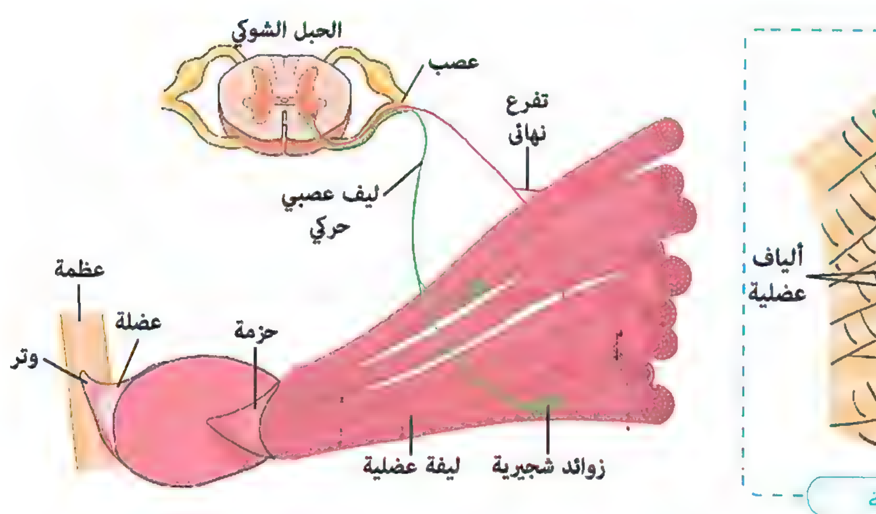
الوحدة الوظيفية للعضلة الهيكلية.

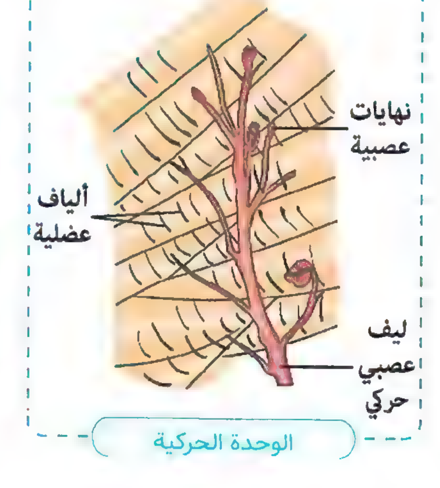
**التركيب**

- مجموعة من الألياف العضلية يتراوح عددها ما بين (٥:١٠٠).
- خلية عصبية حركية تُغذي هذه الألياف.

**الأهمية**

التعــرف علــى المظاهــر الميكانيكيــة لعمليــة الانقبــاض العضلــي؛ لأن انقبــاض العضــلات مـــا هـــو إلا محصلـــة انقبــاض جميــع الوحــدات الحركيــة المكونــة للعضلــة.




الوحدة الحركية

عنـد دخول الليف العصبي الحركي إلى العضلة يتفـرع إلى عدد كبير من الفروع العصبية..
بحيـث يغـذي كل ليـف عصبـي حركـي عـددًا مـن الأليـاف العضليـة يتـراوح عددهـا مـا بيـن (٥:١٠٠) ليـف عضلـي وذلـك بواسـطة تفرعاتـه النهائيـة التـي يتصـل الواحـد منهـا بالصفائـح النهائيـة الحركيـة Motor End Plate لليفـة العضلية..

ويعرف مكان الاتصـال هذا بـالوصلة العصبية ـ العضلية Neuro-muscular Junction.

## الوصلة العصبية العضلية = التشابك العصبي - العضلي

موضــع أو مــكان اتصــال تفــرع نهائــي لليــف عصبــي حركــي (لخليــة عصبيــة حركيــة) بالصفيحــة النهائيــة الحركيــة لليفــة العضليــة.

**ملحوظات**

- الوحدة التركيبية للجهاز العضلي هي العضلات.
- الوحدة التركيبية للعضلة الهيكلية هي الليفة العضلية.
- الوحدة الوظيفية للعضلة الهيكلية هي الوحدة الحركية.
- أصغر وحدة انقباض في العضلة الهيكلية هي القطعة العضلية.

تطبيقات

- محصلة انقباض العضلة ما هو إلا محصلة انقباض جميع الوحدات الحركية المكونة لها.
- تتناسب قـــوة الانقباض طرديًا مع عدد الوحدات الحركية وعدد الألياف العضلية.
- تتناسب سرعة الانقباض عكسيًا مع عدد الوحدات الحركية وعدد الألياف العضلية.
- الفرق بين انقباض عضلة جفن العين وعضلة الفخذ:
  - انقباض عضلة جفن العين سريع وضعيف؛ لأنها تحتوي على عدد أقل من الوحدات الحركية والألياف العضلية
  - انقباض عضلة الفخذ بطئ وقوي؛ لأنها تحتوي على عدد أكبر من الوحدات الحركية والألياف العضلية

مثال

- بفرض أن إحدى عضلات الرقبة بها ٥ حزم وكل حزمة بها ٢٠ ليفة عضلية، وإحدى عضلات الجذع بها ٧ حزم وكل حزمة بها ٣٠ ليفة عضلية بينما تتكون العضلة التوأمية من ١٠ حزم وكل حزمة بها ٣٠ ليفة عضلية. رتب العضلات السابقة تنازليًا حسب:

١- قوة الانقباض.

٢- سرعة الانقباض.

الإجابة

∵ عدد الألياف العضلية في كل عضلة = عدد الحزم × عدد الألياف العضلية في كل حزمة.

∴ عدد الألياف العضلية بإحدى عضلات الرقبة = ٥ × ٢٠ = ١٠٠ ليفة.

عدد الألياف العضلية بإحدى عضلات الجذع = ٧ × ٣٠ = ٢١٠ ليفة.

عدد الألياف العضلية بالعضلة التوأمية = ١٠ × ٣٠ = ٣٠٠ ليفة.

، ∵ قوة الانقباض تتناسب طرديًا مع عدد الألياف العضلية.

∴ الترتيب الصحيح تنازليًا حسب قوة الانقباض كالتالي: العضلة التوأمية > عضلة الجذع > عضلة الرقبة.

، ∵ سرعة الانقباض تتناسب عكسيًا مع عدد الألياف العضلية.

∴ الترتيب الصحيح تنازليًا حسب سرعة الانقباض كالتالي: عضلة الرقبة > عضلة الجذع > العضلة التوأمية.

تطبيقات

- إذا كانت ألياف الحزمة الواحدة تتراوح بين (٥:١٠٠) وغذاها ليف عصبي حركي واحد فإن كل حزمة تمثل وحدة حركية واحدة.
- أقل عدد من الوحدات الحركية = $\frac{\text{عدد الألياف العضلية}}{١٠٠}$
- أكبر عدد من الوحدات الحركية = $\frac{\text{عدد الألياف العضلية}}{٥}$
- عدد الوصلات العصبية العضلية في الحزمة = عدد الألياف العضلية في الحزمة.
- عدد الوصلات العصبية العضلية في العضلة = عدد الحزم × عدد الألياف العضلية في الحزمة.
- قد تكتب الوحدة الحركية على صورة (١ : عدد الألياف العضلية) حيث تعبر (١) عن خلية عصبية حركية واحدة تغذيها.
- عدد الألياف (الخلايا) العصبية الحركية = عدد الوحدات الحركية.

**مثال**

عضلة هيكلية بها ٢٠ حزمة تتكون كل منها من ٥٠ ليفة.. احسب:

١- عدد الوصلات العصبية العضلية في الحزمة.

٢- عدد الوصلات العصبية العضلية في العضلة.

٣- عدد الوحدات الحركية الموجودة في العضلة.

٤- عدد الخلايا العصبية التي تغذي العضلة.

٥- عدد الألياف العضلية التي تغذيها الوحدة الحركية الواحدة.

**الإجابة**

١- عدد الوصلات العصبية العضلية في الحزمة = ٥٠

٢- عدد الوصلات العصبية العضلية في العضلة = ٢٠ × ٥٠ = ١٠٠٠

٣- عدد الوحدات الحركية في العضلة = عدد الحزم = ٢٠

٣- عدد الخلايا العصبية التي تغذي العضلة = عدد الوحدات الحركية = ٢٠

٥- عدد الألياف العضلية التي تغذيها الوحدة الحركية الواحدة = ٥٠

**مثال**

احسب عدد الوصلات العصبية في عضلة تتكون من ٢٠ وحدة حركية كل منها بنسبة (١:١٥).

**الإجابة**

عدد الوصلات العصبية = عدد الألياف العضلية في العضلة = عدد الوحدات الحركية × عدد ألياف كل وحدة حركية

= ٢٠ × ١٥ = ٣٠٠ وصلة عصبية.

**للاطلاع فقط**

- العوامل التي تؤثر على قوة الانقباض العضلي:

١- نوع وحجم الألياف العضلية المكونة للعضلة الهيكلية.

٢- عدد الوحدات الحركية النشطة.

٣- قوة المؤثر.

٤- عدد مرات الإثارة (التردد).

٥- نسبة الكالسيوم في الساركوبلازم.

٦- درجة الحرارة الداخلية للعضلة.

## إجهاد العضلة Muscle Fatigue

- نستنتج مما سبق أن جزيئات ATP تلعب دورًا هامًا أثناء انقباض العضلة الهيكلية وأثناء انبساطها ولعلك تساءلت -يومًا- كيف تحصل العضلات الهيكلية على جزيئات ATP التي تعتبر عملة الطاقة في الخلية.

- يوجد طريقتان أساسيتان تعتمد عليهما العضلات الهيكلية للحصول على ATP فيما يعرف بـ أكسدة الجلوكوز أو التنفس الخلوي كما يلي:

- التنفس الهوائي: جليكوجين ⟵ جلوكوز ⟵(2 ATP) ٢ حمض البيروفيك ⟵(في وجود الأكسجين والميتوكوندريا) $6\ CO_2 + 6\ H_2O$ + 36 ATP

- التنفس اللاهوائي: جليكوجين ⟵ جلوكوز ⟵(2 ATP) ٢ حمض البيروفيك ⟵(في غياب أو نقص الأكسجين أو غياب الميتوكوندريا) ٢ حمض لاكتيك

- وعلى ذلك فإنه يلزم لانقباض العضلة وانبساطها بصورة طبيعية توافر جزيئات الجلوكوز والأكسجين بصورة مستمرة وعند نقص أحدهما قد يحدث خلل وظيفي في انقباض العضلة أو انبساطها.

## معدل انقباض العضلة

### معدل طبيعي

تصل للعضلة كمية كافية من الأكسجين أثناء الانبساط بما يناسب احتياجها.

↓

يتحول الجليكوجين (النشا الحيواني) إلى جلوكوز يتأكسد بطريقة التنفس الهوائي.

↓

تنتج كمية كبيرة من جزيئات ATP (٣٨ جزيء ATP من كل جزيء جلوكوز).

↓

تنقبض العضلة بصورة طبيعية قوية وسريعة.

### معدل سريع ومتتال

تصل للعضلة كمية محدودة جدًا من الأكسجين لأن الدم لا يستطيع نقله بالسرعة الكافية للعضلة.

↓

يتحول الجليكوجين (النشا الحيواني) إلى جلوكوز يتأكسد بطريقة التنفس اللاهوائي.

↓

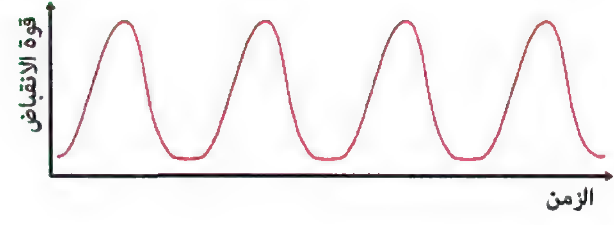
تنتج كمية قليلة من جزيئات ATP (٢ جزيء ATP من كل جزيء جلوكوز).

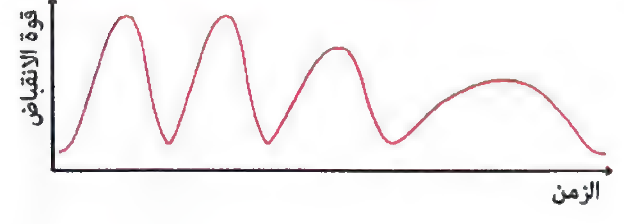
↓

تنقبض العضلة بصورة ضعيفة وبطيئة.

↓

يتراكم حمض اللاكتيك مسببًا تعب العضلة وإجهادها.









في الوضع الطبيعي تكون بوابات الصوديوم مغلقة تحت تأثير أيونات $Ca^{+2}$

### آلية زوال الإجهاد والشد العضلي الميكانيكي:

- عند الراحة:

• تصل إلى العضلة كمية كافية من الأكسجين..
• تقوم العضلة بالتنفس الهوائي وإنتاج كمية كبيرة من جزيئات ATP.
• تعمل على انفصال الروابط المستعرضة عن خيوط الأكتين مما يؤدي إلى انبساط العضلة، وبالتالي تبدأ العضلة من جديد في تتابع من الانقباضات والانبساطات.

## أسئلة الأداء الذاتي:

١٣ أي الأشكال التالية يمثل حالة خلية عضلية تعرضت لمثيرفعال جديد أثناء فك الروابط المستعرضة ؟



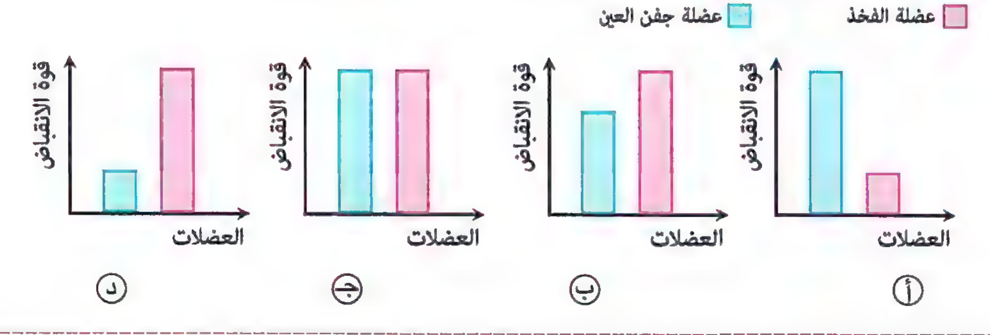
(أ) (ب) (ج) (د)

١٤ أي العضلات التالية أبطأ في الانقباض والانبساط عند توافر الأكسجين ؟

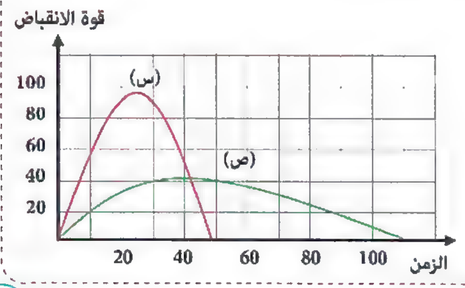
| | العضلة | عدد الألياف | عدد الروابط المستعرضة لليفة | عدد الميتوكوندريا بالليفة |
|---|---|---|---|---|
| (أ) | (١) | ٨٠ | ١٣ | ٢ × ١٠^٣ |
| (ب) | (٢) | ١٠٠ | ٨ | ١,٥ × ١٠^٣ |
| (ج) | (٣) | ١٠٠ | ٨ | ٣ × ١٠^٤ |
| (د) | (٤) | ٨٠ | ١٣ | ٣,١ × ١٠^٤ |

١٥ أي المخططات التالية تعبرعن قوة الانقباض العضلي لكل من عضلة جفن العين وعضلة الفخذ ؟




١٦ الشكل المقابل يوضح انقباض العضلة التوأمية لأحد اللاعبين في حالتين مختلفتين، ادرسه ثم أجب :

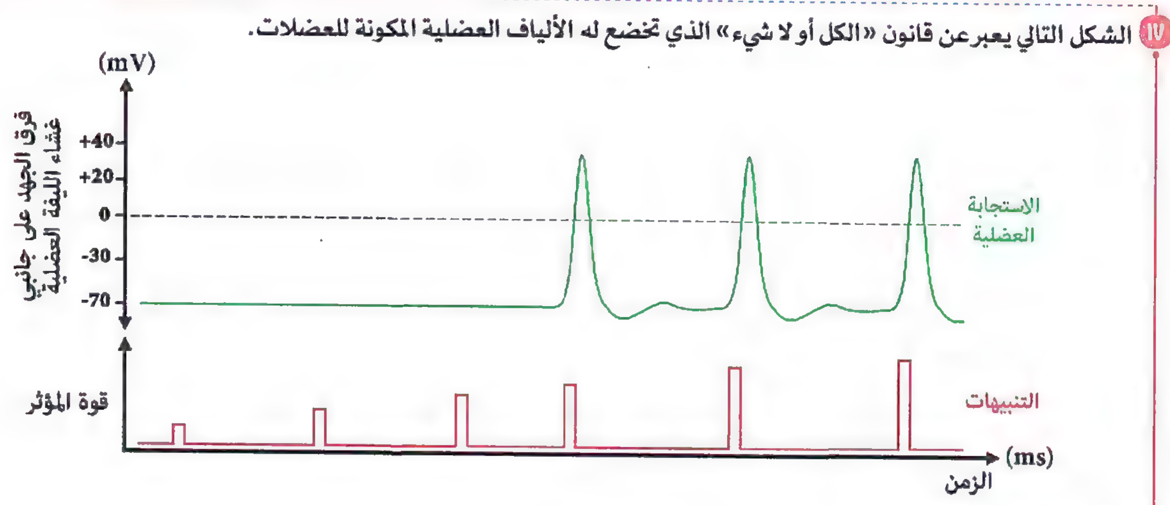



أي مما يلي يدل على نتائج قياس قيمة الـ PH في دم اللاعب في الحالتين (س)، (ص) على الترتيب ؟

(علمًا بأن المعدل الطبيعي لـ PH الدم يتراوح بين ٧,٣ إلى ٧,٥)

(أ) ٦,٩ – ٧,٣
(ب) ٧,٣ – ٧,٣
(ج) ٦,٩ – ٦,٩
(د) ٧,٣ – ٦,٩

17 الشكل التالي يعبر عن قانون «الكل أو لا شيء» الذي تخضع له الألياف العضلية المكونة للعضلات.




أي البدائل التالية يمكن استنتاجها من دراسة الشكل السابق ؟

Ⓐ يمكن للّيفة العضلية أن تستجيب لأكثر من مؤثر في نفس الوقت

Ⓑ الزيادة في قوة المؤثر ينتج عنها زيادة في قوة الانقباض العضلي

Ⓒ تنقبض الليفة العضلية عند وصول قوة المؤثر إلى حد معين

Ⓓ النقص في قوة المؤثر ينتج عنه غلق قنوات الصوديوم بشكل تدريجي

18 ادرس الرسم المقابل الذي يوضح حالة أحد القطع العضلية أثناء نشاطها المعتاد، ما التفسير العلمي لعدم السيطرة على اتجاه حركة المفصل الذي تتحكم فيه حركة العضلة التي تمثل هذه القطعة العضلية جزءًا منها ؟

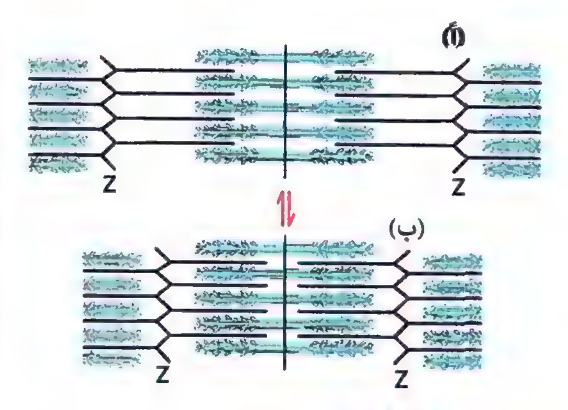


Ⓐ تمزق في الأربطة

Ⓑ تمزق في الأوتار

Ⓒ شد عضلي

Ⓓ إجهاد عضلي





# الفصل الثاني 2
# التنسيق الهرموني
## في الكائنات الحية

## أهداف الفصل

**في نهاية هذا الفصل ينبغي أن يكون الطالب قادرًا على أن**

- يتعرف دور العلماء في اكتشاف الهرمونات.
- يذكر أهمية الأوكسينات بالنسبة للنبات.
- يكتشف وظائف الهرمونات.
- يذكر أمثلة للغدد الصماء الموجودة فى الإنسان.
- يستنتج خصائص الهرمونات.
- يقارن بين الغدد الصماء (اللاقنوية) والغدد القنوية في الإنسان.
- يتعرف دور الغدة النخامية.
- يستنتج أن الغدة النخامية هي رئيسة الغدد الصماء .
- يكتشف الغدة الدرقية (غدة النشاط).
- يوضح وظيفة الغدد الجار درقية.
- يكتشف الغدتان الكظريتان (غدتا الإنفعال).
- يتعرف دور البنكرياس كمنظم للسكر.
- يستنتج أن البنكرياس غدة مزدوجة قنوية ولا قنوية.
- يكتسب مهارات: الربط بين المرض وما يسببه (نقص وزيادة في إفراز هرمون معين).
- يقدر عظمة الخالق في كيفية التنسيق الهرموني في الكائنات الحية.

الدرس 1

## من بداية الفصل
### حتى نهاية الغدة النخامية

الدرس 2

## من الغدة الدرقية
### حتى نهاية الفصل

### أهم المفاهيم

- الغدد الصماء
- الهرمونات
- الأوكسينات
- الغدد القنوية
- الغدد المختلطة
- الخلايا العصبية المفر
- القماءة
- الميكسوديما
- مرض البول السكرى.



الفصل 2

الـدرس الأول

# من بداية الفصل حتى نهاية الغدة النخامية

## جهـاز الغـدد الصماء

جهاز الغدد الصماء هو الجهاز الثاني بعد الجهاز العصبي من الأجهزة التي تتحكم في وظائف الجسم، ولذلك فإن وظائف الجسم المختلفة تكون تحت سيطرة التحكم (الاستجابة) العصبي والهرموني.

**للاطلاع فقط**

مقارنة بين الاستجابة العصبية والاستجابة الهرمونية:

| | الاستجابة العصبية | الاستجابة الهرمونية |
|---|---|---|
| السرعة | أسرع (تستغرق وقتا أقل) | أبطأ (تستغرق وقتا أطول) |
| المدة الزمنية للتأثير | تستمر لفترة زمنية أقل | تستمر لفترة زمنية أطول |
| طبيعة الاستجابة الأساسية | كهربية | كيميائية |
| كيفية الحدوث | انتقال الإشارات الكهربية على صورة سيالات عصبية من المخ والحبل الشوكي لمختلف أعضاء الجسم مثل العضلات والغدد (أعصاب حركية) وانتقالها في المسار المعاكس من الجلد للحبل الشوكي والمخ (أعصاب حسية). | إفراز الغدد الصماء لمواد كيميائية (الهرمونات) في الدم مباشرة حيث تنتقل عن طريق الدم لأعضاء الجسم المختلفة فتؤثر عادة على وظيفتها أو نموها التي تعتمد عليها حسب حاجة الجسم. |

**الغدد الصماء**

غدد لاقنوية ذات إفراز داخلي محاطة بشبكة من الشعيرات الدموية دون المرور في قنوات خاصة بها.

**الهرمونات**

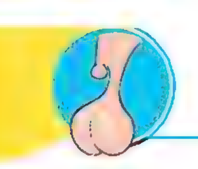
مواد كيميائية عضوية تتكون داخل غدد لاقنوية (صماء) تُفرز في الدم مباشرةً ثم تنتقل عن طريق الدم إلى عضو آخر فتؤثر عادة على وظيفته أو نموه، ومعظم تأثيرات الهرمونات من النوع المحفز حيث تقوم بتنشيط أعضاء أو غدد أخرى بالجسم.

- يوجد نوعان من الهرمونات:

① هرمونات نباتية (أوكسينات).
② هرمونات حيوانية.

### أولاً الهرمونات النباتية (الأوكسينات)

مواد كيميائية تفرز من الخلايا الحية في القمم النامية والبراعم النباتية (مناطق الاستقبال) وتنتقل إلى مناطق الاستجابة حيث تؤثر في وظائف المناطق المختلفة بالنبات.









يعتبر بويسن جنسن Boysen Jensen:

- أول من أشار إلى الأوكسينات (الهرمونات النباتية) عام ١٩١٣م.
- استطاع أن يفسر دورها في انتحاء الساق نحو الضوء، فقد أثبت:

أن الخلايا الحية في القمم النامية والبراعم النباتية للنبات (منطقة الاستقبال) تفرز موادًا كيميائية (أندول حمض الخليك) تنتقل منها إلي منطقة الاستجابة (الانحناء) فتسبب انحناءها.

دور الأوكسينات في انحناء القمة النامية للساق

**مكان الإفراز:** الخلايا الحيّة في القمم النامية (سواءً في الساق أو في الجذر) والبراعم النباتية.

**مكان الاستجابة:** منطقة الانحناء مثل الساق.

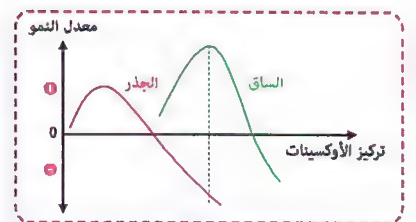
**الأهمية:**

١- تنظم تتابع نمو الأنسجة وتنوعها.
٢- تؤثر على النمو بالتنشيط أو بالتثبيط.
٣- تؤثر على العمليات الوظيفية في جميع الخلايا والأنسجة.
٥- تتحكم في موعد تفتح الأزهار وتساقط الأوراق ونضج الثمار وتساقطها.
٤- تمكن الإنسان من التحكم في إخضاع نمو النبات.

**مثال:** أندول حمض الخليك.

## للاطلاع فقط

- يختلف تأثير الأوكسينات على النمو (سواء بالتنشيط أو التثبيط) باختلاف تركيز الأوكسينات وحساسية الخلايا المختلفة لها تبعا لمكان وجودها فمثلا:
  - خلايا الجذر أكثر حساسية من خلال الساق للتركيزات المنخفضة من الأوكسينات وكلما ازداد تركيز الأوكسينات عن الحد المطلوب يتولد تأثير معاكس مثبط للنمو وعليه يكون للتركيزات المرتفعة من الأوكسينات تأثير مثبط للنمو علي خلايا الجذر وتأثير محفز للنمو علي خلايا الساق كما هو موضح بالشكل البياني المقابل ويمكن استنتاج ذلك من خلال دراسة تجارب الانتحاء .




- بعض الأوكسينات تستخدم كمبيدات للأعشاب الضارة عند رشها بتركيزات مرتفعة منها حيث تثبط نمو الخلايا مما يؤدي إلي موتها وسهولة التخلص منها .

## أسئلة الأداء الذاتي:

١ إذا علمت أن الأوكسينات تهاجر في اتجاه الجاذبية بينما تهاجر بعيدًا عن الضوء، فماذا تستنتج من خلال دراستك للبيانات في الجدول التالي ؟

| | الساق | | الجذر | |
|---|---|---|---|---|
| | تركيز الأوكسينات | معدل النمو | تركيز الأوكسينات | معدل النمو |
| الجانب البعيد عن المؤثر | ٪٣٥ | بطئ | ٪٣٥ | سريع |
| الجانب القريب من المؤثر | ٪٦٥ | سريع | ٪٦٥ | بطئ |

(أ) المؤثر هو الضوء، الأوكسينات تنظم تتابع نمو الأنسجة وتمايزها

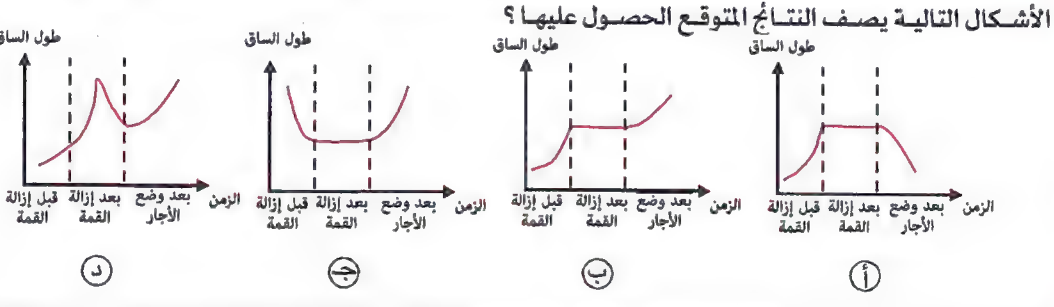
(ب) المؤثر هو الضوء، الأوكسينات تؤثر على معدل النمو إما بالتنشيط أو التثبيط

(ج) المؤثر هو الجاذبية الأرضية، الأوكسينات تتحكم في تفتح الأزهار ونضج الثمار

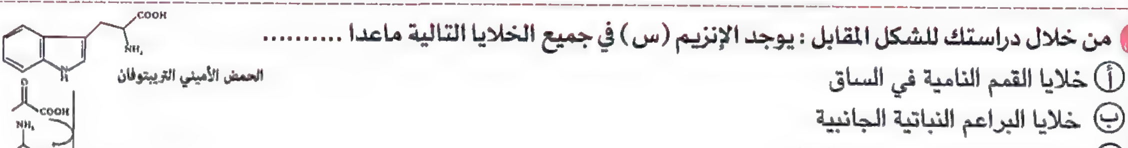
(د) المؤثر هو الجاذبية الأرضية، الأوكسينات تؤثر على معدل النمو إما بالتنشيط أو التثبيط

٢ بعد دراسة الشكل المقابل، نستنتج أن ..........

(أ) الأوكسينات مواد قابلة للذوبان في الماء
(ب) الأوكسينات لا تؤثر في حدوث عملية الانتحاء
(ج) الأوكسينات مواد قابلة للذوبان في الدهون
(د) القمة النامية غير حساسة للضوء

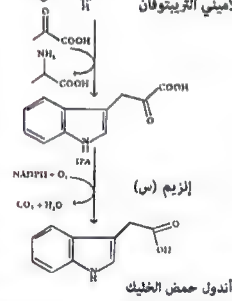



٣ قام أحد الباحثين بقياس التغير في طول ساق أحد النباتات التي تنمو في ظروف مناسبة ثم قام بإزالة القمة النامية وتركها لفترة ثم تم وضع قطعة أجار بها أوكسينات في موضع القمة النامية وقام بقياس تغير الطول في كل مرة، أي الأشكال التالية يصف النتائج المتوقع الحصول عليها ؟



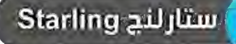

٤ من خلال دراستك للشكل المقابل : يوجد الإنزيم (س) في جميع الخلايا التالية ماعدا ..........

(أ) خلايا القمم النامية في الساق
(ب) خلايا البراعم النباتية الجانبية
(ج) خلايا البشرة الخارجية في الساق
(د) خلايا القمة النامية في الجذر




## ثانيا الهرمونات الحيوانية

### اكتشاف الهرمونات الحيوانية




أ كلود برنار Cloud Bernar



- درس وظائف الكبد في عام ١٨٥٥م.
- اعتبر السكر المدخر في الكبد هو إفرازه الداخلي والصفراء إفرازه الخارجي.

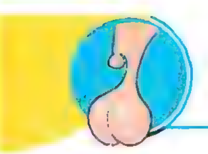



ب ستارلنج Starling



في عام ١٩٠٥م:

- وجد أن البنكرياس يفرز عصارته الهاضمة فور وصول الطعام من المعدة إلى الاثني عشر حتى بعد قطع الاتصال العصبي بين البنكرياس وغيره من الأعضاء.
- استنتج أن هناك نوعًا من التنبيه غير عصبي.
- توصل إلى أن الغشاء المخاطي المبطن للاثني عشر يفرز موادًا (رسائل) كيميائية في الدم وتنتقل إلى البنكرياس فتنبهه لإفراز عصارته الهاضمة.
- أطلق على هذه الرسائل الكيميائية اسم «الهرمونات» وهو لفظ يوناني معناه المواد المنشطة.





## الدراسات الحديثة

- مع توالي الدرسات واتساع ميدان البحث العلمي استطاع العلماء التعرف على الغدد الصماء في جسم الإنسان والهرمونات الخاصة بكل غدة.

# التنظيم الهرموني في الإنسان

يتم دراسة هذا التنظيم في الإنسان كنموذج يمثل قمة التطور.

وقد استطاع العلماء معرفة الكثير من وظائف الهرمونات والغدد الصماء، حيث تم ذلك عن طريق:

1. دراسة الأعراض التي تظهر على الإنسان أو الحيوان نتيجة تضخم غدة صماء أو استئصالها.
2. دراسة التركيب الكيميائي لخلاصة الغدة (الهرمونات) والتعرف على أثرها في العمليات الحيوية المختلفة.

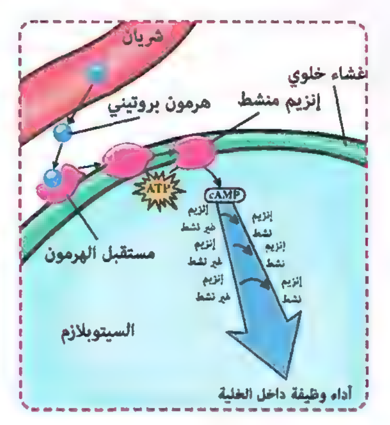
## خصائص الهرمونات

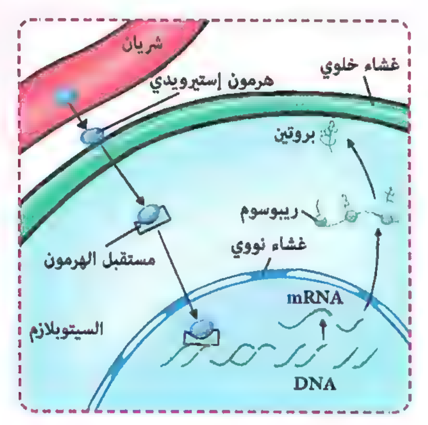
### التركيب الكيميائي:

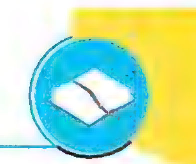
| | |
|---|---|
| بروتينات معقدة | مثل: هرمونات الفص الأمامي للغدة النخامية - الأنسولين - الجلوكاجون |
| مشتقات أحماض أمينية | مثل: الثيروكسين - الأدرينالين - النورأدرينالين |
| إسترويدات (مواد دهنية) | مثل: التستوستيرون - الأندروستيرون - البروجسترون - الإستروجين - الألدوستيرون - الكورتيزون -الكورتيكوستيرون - الهرمونات الجنسية المفرزة من قشرة الغدة الكظرية |

## للاطلاع فقط

- خصائص الهرمونات التي تتكون من مواد دهنية (الإسترويدات Steroids):
  - تذوب في المذيبات العضوية كالبنزين ولا تذوب في المذيبات القطبية كالماء.
  - تستطيع النفاذ عبر أغشية الخلايا بسهولة لأنها تذوب في طبقة الفوسفوليبيد المكونة للغشاء الخلوي وبالتالي تقع مستقبلاتها في السيتوبلازم بالقرب من نواة الخلية أو في النواة نفسها.
  - لا تذوب في بلازما الدم لذا يتم حملها بواسطة جزيئات من البروتين (مثل الجلوبيولين والألبومين) داخل تيار الدم حتى تصل للخلايا الهدف التي تعمل عليها وتؤثر في وظيفتها.
  - يمكن تناولها على هيئة أقراص عن طريق الفم لعلاج الخلل الناتج عن نقصها لأنها لا تتحلل بواسطة العصارة الهاضمة.
- الهرمونات المكونة من بروتينات معقدة أو أحماض أمينية:
  - تقع مستقبلاتها على غشاء الخلية من الخارج بسبب أنها تذوب في الماء فلا تستطيع عبور الغشاء البلازمي الدهني ماعدا الثيروكسين تقع مستقبلاته بالقرب من نواة الخلية بسبب أن الحمض الأميني التيروزين المكون له واليود يجعلانه ذا طبيعة دهنية.










✪ **الكمية:** تفرز بكميات قليلة ومحددة تقدّر بوحدة الميكروجرام (١/١٠٠٠ ملليجرام) وذلك:
لكي تؤدي وظيفتها على أحسن وجه حيث إن زيادتها أو نقصها يؤدي إلى اختلال في الوظيفة مما قد يسبب أعراضًا مرضية تختلف من هرمون لآخر.

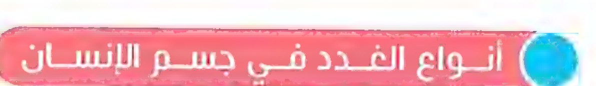
✪ **الأهمية:** ذات أهمية كبيرة في حياة الإنسان تتمثل في أداء الوظائف التالية:

١. نمو الجسم.
٢. النضج الجنسي.
٣. التمثيل الغذائي (الأيض) ويشمل عمليتي الهدم والبناء.
٤. سلوك الإنسان ونموه العاطفي والتفكيري.
٥. اتزان الوضع الداخلي للجسم وتنظيمه (الاتزان الداخلي).

معدل النشاط
الهرمون
العملية
الحيوية
الزمن

معظم تأثير الهرمونات من النوع المحفز

✪ **نوع الاستجابة:** معظم تأثيرات الهرمونات من النوع المحفز حيث تقوم بتنشيط أعضاء أو غدد أخرى بالجسم.



## أنواع الغدد في جسم الإنسان

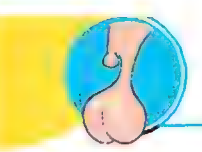
**يوجد في جسم الإنسان ثلاثة أنواع من الغدد:**

| | المفهوم | أمثلة | صورة توضيحية |
|---|---|---|---|
| أ. غدد قنوية | غدد ذات إفراز خارجي وتحتوي على الجزء المفرز ولها قنوات خاصة تصب فيها إفرازاتها. | – قد يكون الإفراز:<br>• خارج الجسم، مثل: الغدة العرقية – الغدد الدمعية – الغدد الثديية – الغدد الدهنية.<br>• داخل الجسم، مثل: الغدد اللعابية – الغدد الهضمية. | وعاء دموي<br>جزء مفرز<br>قناة |
| ب. غدد صماء (لاقنوية) | غدد ذات إفراز داخلي ليس لها قنوات خاصة بها تصب إفرازاتها من الهرمونات في الدم مباشرة. | – الغدد النخامية.<br>– الغدة الدرقية.<br>– الغدة الكظرية. | وعاء دموي |
| جـ. غدد مختلطة (مشتركة) | غدد تجمع بين الغدد القنوية والغدد الصماء؛ حيث تتركب من جزء غدي قنوي وآخر غدي لا قنوي. | – البنكرياس.<br>– الخصية.<br>– المبيض.<br>– خلايا الغشاء المخاطي المبطن للمعدة والأمعاء الدقيقة (القناة الهضمية). | غدة صماء<br>جزء مفرز<br>قناة<br>غدة قنوية |

توزيع الغدد الصماء في جسم الإنسان

# الغدد الصماء في جسم الإنسان

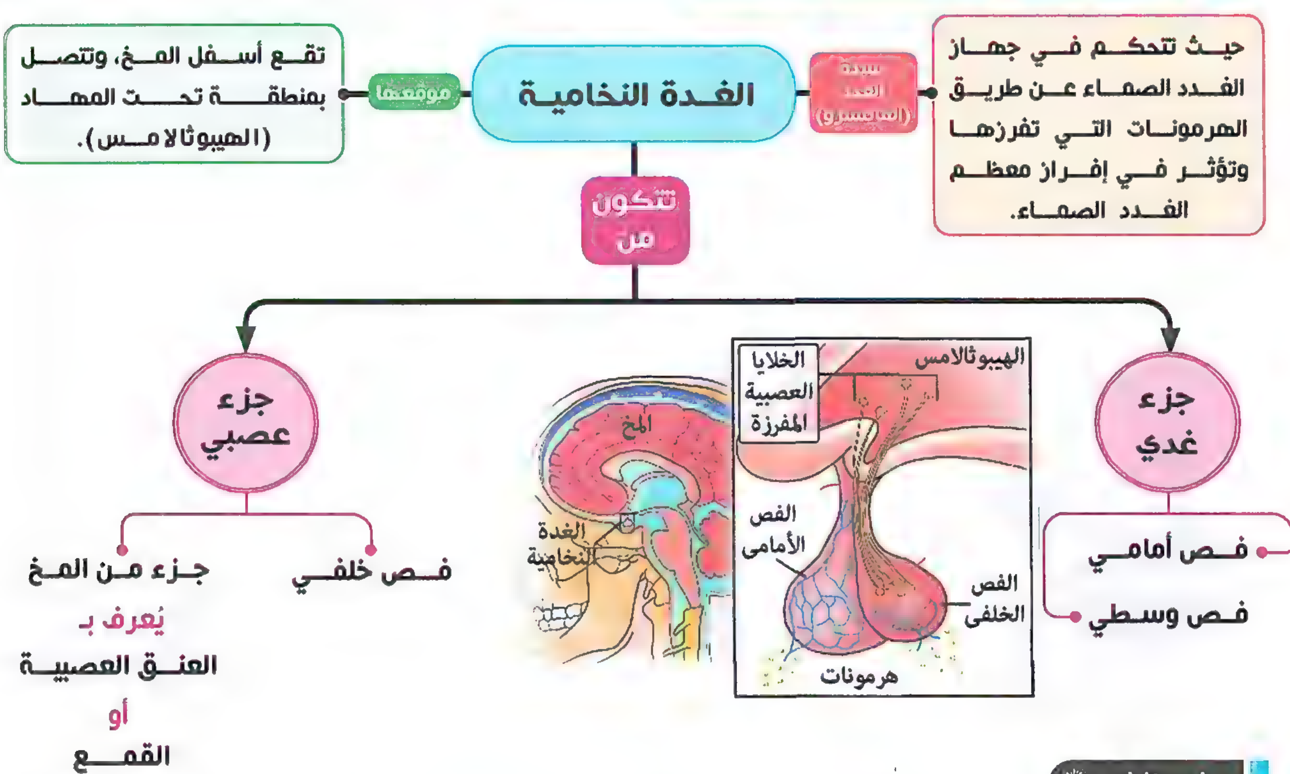
- **الغدة النخامية**
  - الفص العصبي
    - الهرمون المضاد لإدرار البول (ADH)
    - الهرمون المنبه لعضلات الرحم (الأوكسيتوسين)
  - الجزء الغدي
    - الهرمون المنبه لإفراز اللبن (البرولاكتين)
    - هرمون النمو (GH)
    - هرمونات منبهة لـ
      - المناسل (FSH & LH)
      - قشرة الغدة الكظرية (ACTH)
      - الغدة الدرقية (TSH)
- **الغدة الدرقية**
  - هرمون الثيروكسين
  - هرمون الكالسيتونين
- **الغدد جارات الدرقية**
  - هرمون الباراثورمون
- **الغدة التيموسية**
  - هرمون الثيموسين
- **غدتان فوق كلويتين**
  - القشرة
    - الهرمونات المعدنية
    - الهرمونات السكرية
    - الهرمونات الجنسية
  - اللب
    - هرمون الأدرينالين
    - هرمون النور أدرينالين
- **البنكرياس**
  - خلايا ألفا
    - هرمون الجلوكاجون
  - خلايا بيتا
    - هرمون الأنسولين
- **الغدد التناسلية**
  - الخصية
    - هرمون التستوستيرون
    - هرمون الأندروستيرون
  - المبيض
    - هرمون الاستروجين
    - هرمون البروجستيرون
- **غدد الغشاء المخاطي المبطن للقناة الهضمية**
  - المعدة
    - هرمون الجاسترين
  - الأمعاء الدقيقة
    - هرمون الكوليسيستوكينين
    - هرمون السيكرتين








## أولاً الغدة النخامية Pituitary Gland




### ملحوظات

- يتصل الفص الأمامي من الغدة النخامية بالهيبوثالامس hypothalamus عن طريق شبكة كثيفة من الأوعية الدموية تنتقل من خلالها بعض الهرمونات التي تحفز او تثبط إفراز هرمونات الجزء الغدي.
- يتصل الفص الخلفي من الغدة النخامية بالهيبوثالامس hypothalamus عن طريق القمع أو العنق العصبية المكونة من محاور الخلايا العصبية المفرزة الموجودة بالهيبوثالامس والتي تصنع فيها هرمونات الجزء العصبي.
- هرمونات الجزء الغدي يتم تصنيعها وتخزينها وإفرازها بواسطة خلايا الفص الأمامي للغدة النخامية تحت تأثير الهرمونات المحفزة أو المثبطة من الهيبوثالامس.
- هرمونات الجزء العصبي يتم تصنيعها بواسطة الخلايا العصبية المفرزة بالهيبوثالامس hypothalamus، بينما يتم تخزينها وتحريرها في الدم بواسطة الفص الخلفي للغدة النخامية.

## i هرمونات الجزء الغدي Adenohypophysis Hormones

### ١ هرمون النمو «GH» Growth Hormone

✪ **التركيب الكيميائي:** هرمون بروتيني يتكون من ارتباط عدة أحماض أمينية مع بعضها بروابط ببتيدية.

✪ **الوظيفة:**

١- يتحكم في عمليات الأيض خاصةً تصنيع البروتينات داخل خلايا الجسم.

٢- يحفز زيادة عدد وحجم الخلايا داخل الأنسجة المختلفة مثل العظام والعضلات (نمو الجسم).

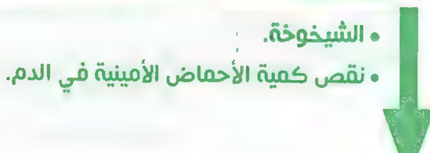
✪ **تأثيره على نمو العظام:**

- **قبل البلوغ:** يعمل على نمو العظام في الطول والسمك.
- **بعد البلوغ:** يعمل على نمو العظام في السمك فقط؛ بسبب التحام أطراف العظام الطويلة.

✪ العوامل التي تتحكم في إفرازه:

**عوامل تزيد من معدل إفراز هرمون النمو**
- الطفولة.
- زيادة كمية الأحماض الأمينية في الدم.

**عوامل تقلل من معدل إفراز هرمون النمو**



- الشيخوخة.
- نقص كمية الأحماض الأمينية في الدم.

| | الأسباب | الأعراض | صورة توضيحية |
|---|---|---|---|
| العملقة Gigantism | زيادة إفراز هرمون النمو في الأطفال. | زيادة كبيرة في طول القامة عن المعدل الطبيعي. | |
| القزامة Dwarfism | نقص إفراز هرمون النمو في الأطفال. | نقص ملحوظ في طول القامة عن المعدل الطبيعي. | |
| الأكروميجالي (تضخم الأطراف) Acromegaly | زيادة إفراز هرمون النمو في البالغين. | تجدد نمو الأجزاء البعيدة من العظام الطويلة (كالأيدي والأصابع والأقدام)، وتضخم عظام الوجه. | |

## ٢ الهرمون المنبه لإفراز اللبن (البرولاكتين Prolactin)

✪ **التركيب الكيميائي:** هرمون بروتيني يتكون من ارتباط عدة أحماض أمينية مع بعضها بروابط ببتيدية.

✪ **الوظيفة:** يعمل على إفراز اللبن من الغدد الثديية.

✪ **الخلل الناتج عن زيادة إفرازه:**

- **في الذكور:** كبر حجم الثدي وفقدان القدرة الجنسية.
- **في الإناث:** نزول اللبن من الثدي في غير وقت الرضاعة واضطراب الدورة الشهرية.

## ٣ الهرمونات المنبهة للغدد Pituitary Tropic Hormones

✪ **التركيب الكيميائي:** هرمونات بروتينية تتكون من ارتباط عدة أحماض أمينية مع بعضها بروابط ببتيدية.

✪ **الوظيفة:** تنبيه بعض الغدد الصماء في الجسم لإفراز هرموناتها مثل الغدة الدرقية وقشرة الغدة الكظرية.

✪ **تشمل:**

١. الهرمون المنبه للغدة الدرقية Thyrotropin Stimulating Hormone (TSH).

٢. الهرمون المنبه لقشرة الغدة الكظرية Adrenocorticotrophic Hormone (ACTH).

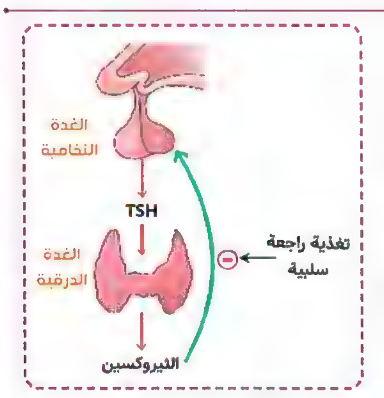
٣. الهرمونات المنبهه للمناسل Gonadotrophic Hormones وتشمل الهرمونات التالية:

| | | الهرمون المنبه لتكوين الحوصلة FSH | الهرمون المنبه لتكوين الجسم الأصفر LH |
|---|---|---|---|
| وجه الشبه | | • كلاهما من الهرمونات المنبهه للغدد. • كلاهما هرمونات بروتينية. • كلاهما ضروريان لاكتمال عملية التكوين الجنسي للفرد. | |
| الوظيفة | في الأنثى | يعمل على نمو الحويصلات في المبيض وتحويلها إلى حويصلة جراف في مرحلة نضج البويضة. | يعمل على تفجير حويصلة جراف وتحرر البويضة وتكوين الجسم الأصفر من بقايا حويصلة جراف في مرحلة التبويض. |
| | في الذكر | يساعد على تكون الأنيبيبات المنويةوتكوين الحيوانات المنوية في الخصية. | • مسئول عن تكوين الخلايا البينية في الخصية. • تنبيه الخلايا البينية لإفراز هرموناتها الجنسية. |

## للاطلاع فقط

• يعتمد نشاط الغدد الصماء على كمية الهرمون المفرزة من الغدة نفسها أو غدد أخرى بالجسم بالإضافة إلى بعض الأيونات ونواتج عمليات الأيض فعندما يزداد إفراز الهرمون عن المعدل الطبيعي يثبط الغدة المسئولة عن إفرازه لتجنب حدوث اختلال مرضي وهو ما يعرف بـالتغذية الراجعة السلبية Negative feedback ..

فمثلا عندما يكون تركيز هرمون الثيروكسين المفرز من الغدة الدرقية مرتفعًا فإنه يثبط إفراز هرمون TSH والعكس صحيح وهذا ينطبق على باقي الهرمونات الأخرى.

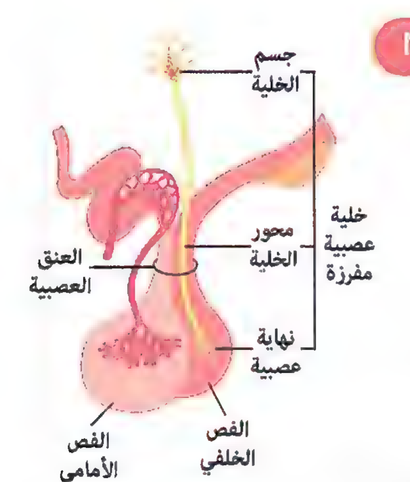



## ب هرمونات الجزء العصبي Neurohypophysis Hormones

✪ مكان إفرازها: تفرزها خلايا عصبية توجد في منطقة تحت المهاد (الهيبوثالامس) بالمخ تعرف بـالخلايا العصبية المفرزة.

### الخلايا العصبية المفرزة

خلايا عصبية توجد في منطقة تحت المهاد (الهيبوثالامس) بالمخ وتقوم بإفراز هرمونات الجزء العصبي من الغدة النخامية والتي تصل إلى الفص الخلفي للغدة النخامية عن طريق القمع أو العنق العصبية.




✪ تشمل هرمونات الجزء العصبي ما يلي:

**١ الهرمون المضاد لإدرار البول «ADH» Antidiuretic Hormone**
**(الهرمون القابض للأوعية الدموية «فازوبريسين» Vasopressin H).**

✪ التركيب الكيميائي: هرمون بروتيني يتكون من ارتباط عدة أحماض أمينية مع بعضها بروابط ببتيدية.

✪ الوظيفة:

١- يعمل على تقليل كمية البول عن طريق إعادة امتصاص الماء من نفرونات الكليتين.
٢- يعمل على رفع ضغط الدم حيث يحفز انقباض الأوعية الدموية ويزيد من حجم البلازما (الدم) عن طريق إعادة امتصاص الماء من نفرونات الكلية.

## العوامل التي تتحكم في إفرازه:

**عوامل تزيد من معدل إفراز هرمون ADH**

- نقص حجم البلازما كما يحدث في حالات النزيف الشديد والإسهال المزمن والجفاف والصيام والتعرق.
- زيادة أسموزية الدم.
- نقص ضغط الدم.
- ارتفاع درجة حرارة الجو.
- بعض الأدوية مثل المورفين.

**عوامل تقلل من معدل إفراز هرمون ADH**

- زيادة حجم البلازما كما يحدث عند شرب كمية كبيرة من الماء.
- نقص أسموزية الدم.
- ارتفاع ضغط الدم.
- انخفاض درجة حرارة الجو.
- شرب الكحول والقهوة.

### للاطلاع فقط

- عند حدوث تلف في الخلايا العصبية المسئولة عن تصنيع هرمون ADH أو خلل في مستقبلات ADH على نفرونات الكليتين يقل معدل إعادة امتصاص الماء من نفرونات الكليتين مما يؤدي إلى فقد كمية كبيرة من الماء في البول ونقص أسموزية البول وشدة العطش وجفاف الجسم وهي نفس أعراض مرض البول السكري لذا تعرف هذه الحالة بـ«مرض السكري الكاذب» وذلك لعدم وجود سكر في البول بكثرة كما يحدث في مرض البول السكري.
- قد يخرج الجلوكوز في البول رغم أن مستوياته في الدم طبيعية أو منخفضة وذلك لوجود عيب في أنيبيبات الكلية يحد من إعادة امتصاص الجلوكوز.

### علاقات بيانية

- حجم البول (المحور الرأسي) مع ADH (المحور الأفقي): علاقة عكسية.
- ضغط الدم مع ADH: علاقة طردية.
- تركيز البول مع ADH: علاقة طردية.
- حجم الدم مع ADH: علاقة طردية.
- ADH مع أسموزية الدم (المحور الرأسي: أسموزية الدم، الأفقي: ADH): علاقة عكسية.
- ADH مع أسموزية الدم (الأفقي): علاقة طردية.
- ADH مع عدد ساعات الصيام: علاقة طردية.
- ADH مع درجة الحرارة (كمية العرق): علاقة طردية.
- ADH مع ضغط الدم: علاقة عكسية.
- ADH مع حجم الدم: علاقة عكسية.
- ADH مع شرب الماء: علاقة عكسية.
- ADH مع القهوة والكحول: علاقة عكسية.

## الهرمون المنبه لعضلات الرحم «الأوكسيتوسين» Oxytocin Hormone

**التركيب الكيميائي:** هرمون بروتيني يتكون من ارتباط عدة أحماض أمينية مع بعضها بروابط ببتيدية.

**الوظيفة:**

١- له علاقة مباشرة بعملية تنظيم تقلصات عضلات الرحم ويزيدها بشدة أثناء عملية الولادة من أجل إخراج الجنين (لذا غالبًا ما يستخدمه الأطباء للإسراع في عمليات الولادة) لذا يعرف ب"هرمون الطلق".

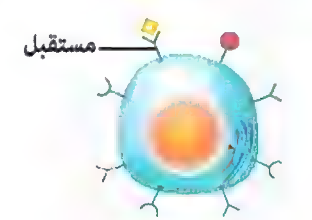
٢- له أثر مشجع في اندفاع (نزول) الحليب من الغدد اللبنية بعد الولادة استجابة لعملية الرضاعة.

**ملحوظات**

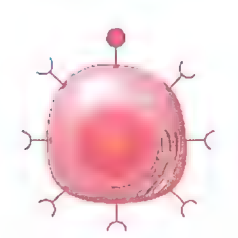
- عند حقن امرأة حامل بخلاصة الفص الخلفي للغدة النخامية في شهرها الخامس: يحدث إجهاض نتيجة تقلص عضلات الرحم استجابة للهرمون المنبه لعضلات الرحم المفرز من الفص الخلفي للغدة النخامية.
- إذا أزيل الفص الخلفي من الغدة النخامية لامرأة حامل في شهرها الخامس: تتعسر عملية الولادة، ويضعف نزول الحليب من الغدد اللبنية بعد الولادة؛ وذلك لعدم إفراز الهرمون المنبه لعضلات الرحم (الأوكسيتوسين) المفرز من الفص الخلفي للغدة النخامية.
- الفص الأمامي من الغدة النخامية أكثر أهمية من الفص الخلفي؛ لأن الفص الأمامي يُفرز ستة هرمونات تؤثر في وظائف هامة بالجسم بصفة مستمرة غالبًا مثل (نمو الجسم - النضج الجنسي - إفراز الغدد الصماء الأخرى بالجسم - إفراز اللبن)، بينما الفص الخلفي يُفرز هرمونَيه خلايا عصبية مفرزة ويؤثر الهرمونان في وظائف أقل أهمية بصفة مؤقتة غالبًا مثل (الحمل - الرضاعة - كمية البول - ضغط الدم).

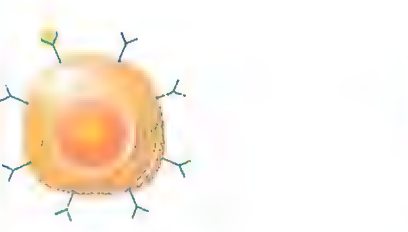
**استنتاجات**

- ليست كل الهرمونات متخصصة فقد يؤثر هرمون واحد على أكثر من نسيج؛ لوجود مستقبلات له على أكثر من نسيج، مثل:
  - الـ ADH يؤثر على (نفرونات الكلية - العضلات الملساء الموجودة في جدران الأوعية الدموية).
  - الأوكسيتوسين يؤثر على (عضلات الرحم - الغدد اللبنية).
- قد يتأثر نسيج واحد بأكثر من هرمون إذا كان يحمل مستقبلات لأكثر من هرمون، مثل:
  - الغدد الثديية (اللبنية) تتأثر بهرموني (البرولاكتين - الأوكسيتوسين).



خلية الهدف للهرمونين A وB

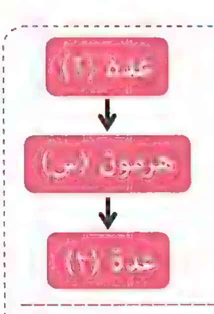

خلية الهدف للهرمون A


خلية الهدف للهرمون B

تحت المهاد
العنق العصبية
الفص الأمامي
الفص الخلفي
هرمونات الجزء الغدي
GH
Prolactin
TSH
ACTH
FSH
LH
ADH
Oxytocin
غدد لبنية
إفراز اللبن من الغدد اللبنية
تنبه
الغدة الدرقية
إفراز
هرمون الثيروكسين
تنبه
قشرة الغدة الكظرية
إفراز
الهرمونات السكرية
إفراز
الهرمونات المعدنية
إفراز
الهرمونات الجنسية
المبيض
نمو الحويصلات في المبيض إلى حويصلة جراف في مرحلة نضج البويضة
الخصية
تكوين الأنيبيبات المنوية والحيوانات المنوية عند البلوغ
المبيض
تفجير حويصلة جراف وتحرر البويضة وتكوين الجسم الأصفر أثناء مرحلة التبويض
الخصية
تكوين الخلايا البينية وتحفيزها لإنتاج الهرمونات الذكرية (الأندروجينات)
الأوعية الدموية
يحفز انقباض العضلات الملساء الموجودة في جدران الأوعية الدموية فيزداد ضغط الدم
نفرونات الكلية
إعادة امتصاص الماء من نفرونات الكليتين وبالتالي تقل كمية البول ويزداد تركيزه
غدد لبنية
تحفيز اندفاع الحليب من الغدد اللبنية بعد الولادة استجابة للرضاعة
عضلات الرحم
تنظيم انقباضات عضلات الرحم وزيادتها أثناء الولادة لسهولة إخراج الجنين

## أسئلة الأداء الذاتي:

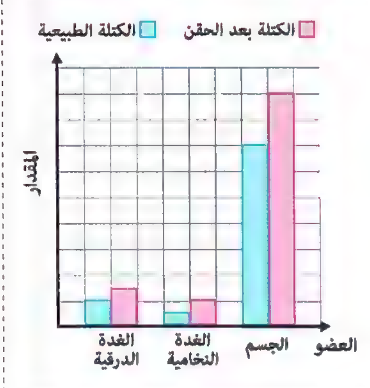
**٥** من خلال دراستك للمخطط المقابل، أي البدائل التالية تمثل الهرمون (س)، علمًا بأن الغدة (٢) توجد داخل التجويف البطني ؟




Ⓐ هرمون ACTH
Ⓑ هرمون TSH
Ⓒ هرمون FSH
Ⓓ هرمون البرولاكتين

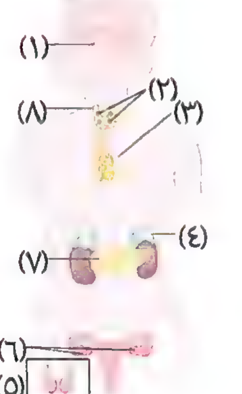
**٦** تم قياس كتلة مجموعة من الأعضاء قبل حقن أحد صغار الفئران بجرعات زائدة لهرمون ما، ثم تم قياس كتلة نفس الأعضاء بعد فترة زمنية من عملية الحقن، فكانت النتائج كما هو موضح بالشكل المقابل :

أي الهرمونات التالية يتناسب مع النتائج الموضحة بالشكل المقابل ؟



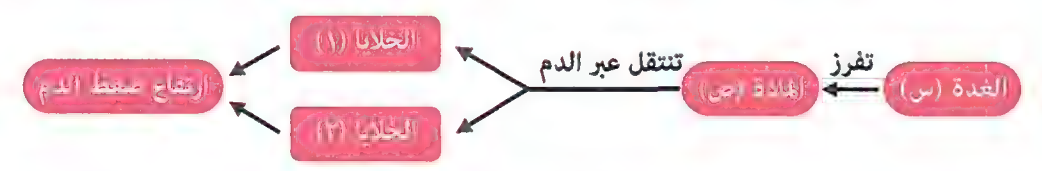

Ⓐ الهرمون المنبه للغدة الدرقية
Ⓑ الهرمون المنبه لقشرة الغدة الكظرية
Ⓒ هرمون النمو
Ⓓ الهرمون المضاد لإدرار البول

**٧** أي الغدد التالية لا يتأثر نشاطها بخمول الغدة النخامية ؟



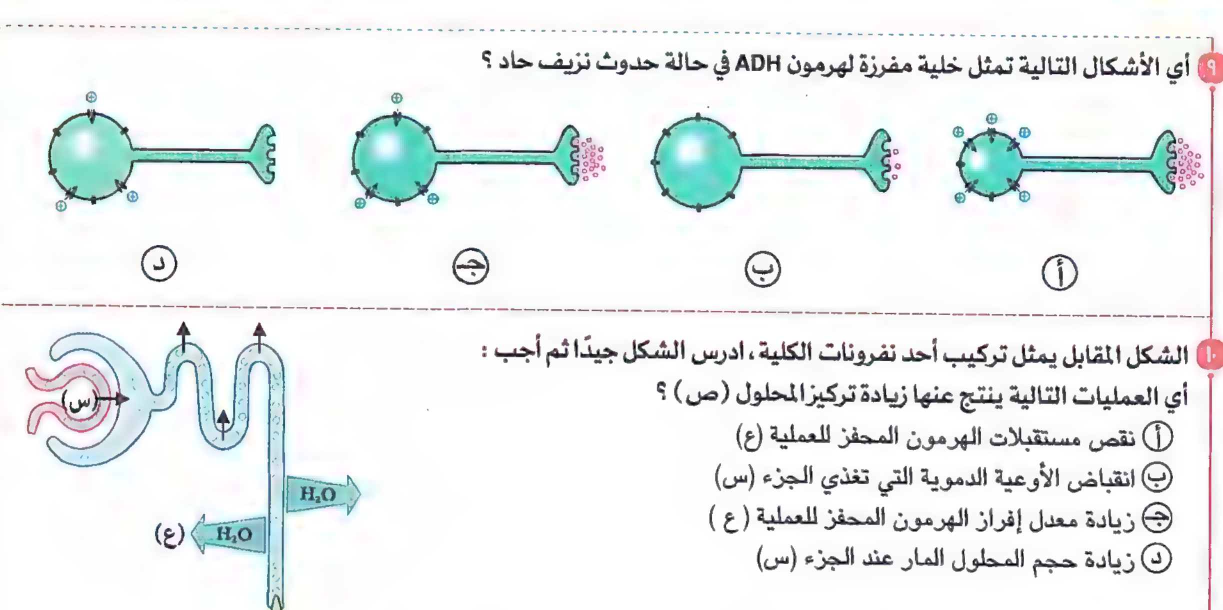

Ⓐ (٢)، (٨)
Ⓑ (٣)، (٧)
Ⓒ (٥)، (٦)
Ⓓ (٤)، (٥)

**٨** أي الخيارات بالجدول التالي تصف بيانات الشكل التالي ؟




| | الغدة (س) | المادة (ص) | الخلايا (١) | الخلايا (٢) |
|---|---|---|---|---|
| Ⓐ | الفص الأمامي للنخامية | TSH | الغدة الدرقية | نفرونات الكلية |
| Ⓑ | الفص الأمامي للنخامية | ACTH | قشرة الغدة الكظرية | نخاع الغدة الكظرية |
| Ⓒ | الفص الخلفي للنخامية | ADH | نفرونات الكلية | الغدة الكظرية |
| Ⓓ | الفص الخلفي للنخامية | ADH | عضلات الأوعية الدموية | نفرونات الكلية |

(٩) أي الأشكال التالية تمثل خلية مفرزة لهرمون ADH في حالة حدوث نزيف حاد ؟




(١٠) الشكل المقابل يمثل تركيب أحد نفرونات الكلية ، ادرس الشكل جيدًا ثم أجب :

أي العمليات التالية ينتج عنها زيادة تركيز المحلول (ص) ؟

(أ) نقص مستقبلات الهرمون المحفز للعملية (ع)

(ب) انقباض الأوعية الدموية التي تغذي الجزء (س)

(جـ) زيادة معدل إفراز الهرمون المحفز للعملية ( ع )

(د) زيادة حجم المحلول المار عند الجزء (س)

## ثانيا الغدة الدرقية (غدة النشاط) Thyroid Gland

- **الموقع:** توجد في الجزء الأمامي من الرقبة، ملاصقة للقصبة الهوائية.
- **الوصف:** غـدة حويصليـة تميـل إلى اللـون الأحمر محاطة بغشاء من نسيج ضام.
- **التركيب:** تتكـون من فصيـن بينهما بـرزخ.




- **الإفراز:** تفرز هرمونين هامين بالنسبة للجسم، هما:

### ١ هرمون الثيروكسين Thyroxin

- **التركيب الكيميائي:** يتكـون مـن جزيئيـن مـن الحمـض الأمينـي مرتبطيـن بعنصـر اليـود. (فـلا بـد مـن وجـود عنصر اليـــود لتكوينه)
- **الوظيفة:**
  1. نمو وتطور القوى العقلية والبدنية في الأطفال.
  2. يؤثر على معدل الأيض الأساسي (Basal Metabolic Rate) ويتحكم فيه.
  3. يحفز امتصاص السكريات الأحادية مثل الجلوكوز من القناة الهضمية.
  4. يحفز أكسدة الجلوكوز داخل الخلايا ⟵ ↑ استهلاك الأكسجين ⟵ ↑ ATP ⟵ ↑ حرارة الجسم.
  5. يحافظ على سلامة الجلد والشعر.
- **التنبيه:** تفرز الغدة النخامية هرمون TSH الذي يحفز إفرازه.

### ٢ هرمون الكالسيتونين Calcitonin

- **التركيب الكيميائي:** هرمـون بروتينـي يتكـون مـن ارتبـاط عـدة أحمـاض أمينيـة مـع بعضهـا بروابـط ببتيديـة.
- **الوظيفة:** يعمل على تقليل نسبة الكالسيوم في الـدم ويمنـع سحبـه من العظـام.
- **التنبيه:** لا تتحكم الغدة النخامية في إفرازه.





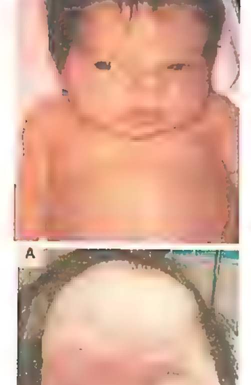
## أمراض الغدة الدرقية

تنشأ بعض الحالات المرضية نتيجة نقص أو زيادة إفراز الغدة الدرقية لهرمون الثيروكسين، مثل ما يسمي بـ«التضخم» وهو نوعان:

1. **التضخم البسيط (الجويتر البسيط):** وهو التضخم الناتج عن نقص إفراز هرمون الثيروكسين.
2. **التضخم الجحوظي (الجويتر الجحوظي):** وهو التضخم الناتج عن زيادة إفراز هرمون الثيروكسين.

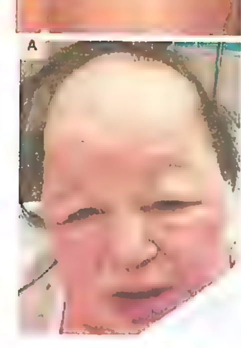
### أ التضخم البسيط (الجويتر البسيط) (Simple Goiter)

- **السبب:** نقص إفراز هرمون الثيروكسين نتيجة نقص اليود في الغذاء والماء والهواء.
- **العلاج:** إضافة اليود إلى الملح والأغذية المختلفة.
- **المضاعفات الناتجة عن النقص الحاد في إفراز هرمون الثيروكسين:**



#### ١ مرض القماءة Cretinism

- **السبب:** نقص حاد في إفراز هرمون الثيروكسين في الأطفال.
- **الأعراض:**
  1. خلل في النمو فيكون الجسم قصيرًا والرقبة قصيرة والرأس كبيرًا.
  2. تأخر في النضج الجنسي.
  3. تخلف عقلي.



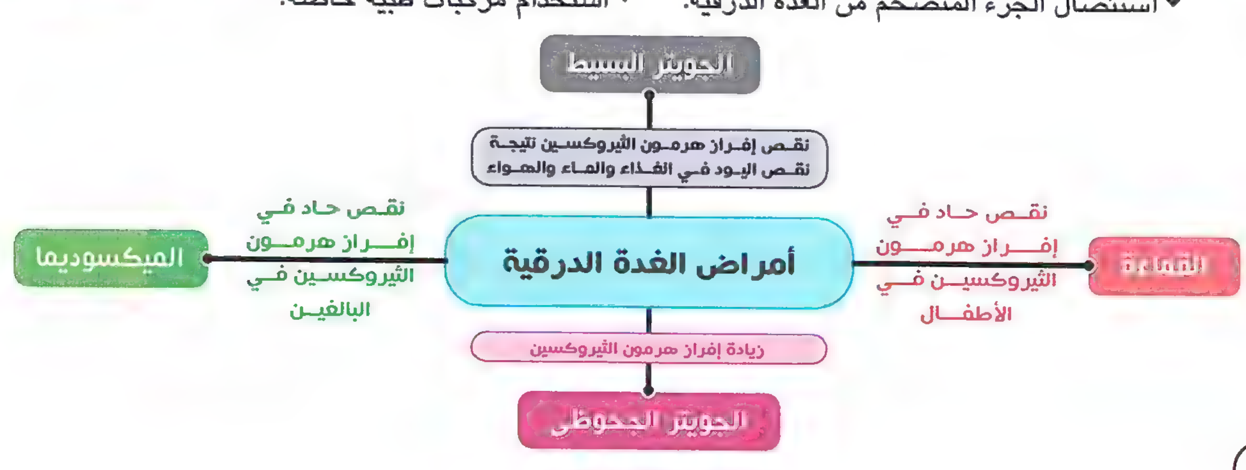
#### ٢ مرض الميكسوديما Myxodema:

- **السبب:** نقص حاد في إفراز هرمون الثيروكسين في البالغين.
- **الأعراض:**
  1. هبوط مستوى التمثيل الغذائي لدرجة عدم تحمل الفرد البرودة.
  2. زيادة في وزن الجسم لدرجة السمنة المفرطة.
  3. قلة ضربات القلب.
  4. الشعور السريع بالتعب.
  5. جفاف الجلد وتساقط الشعر.
- **العلاج:** استخدام هرمونات الغدة الدرقية أو مستخلصاتها تحت إشراف طبي متخصص



### ب التضخم الجحوظي (الجويتر الجحوظي) (Exophthalmic Goiter)

- **السبب:** الإفراط في إفراز هرمون الثيروكسين.
- **الأعراض:**
  1. زيادة في أكسدة الغذاء لدرجة عدم تحمل الفرد الحرارة.
  2. نقص في وزن الجسم.
  3. زيادة في ضربات القلب.
  4. تهيج عصبي.
  5. تضخم ملحوظ في الغدة الدرقية وانتفاخ الجزء الأمامي من الرقبة مع جحوظ العينين.
- **العلاج:**
  - استئصال الجزء المتضخم من الغدة الدرقية.
  - استخدام مركبات طبية خاصة.

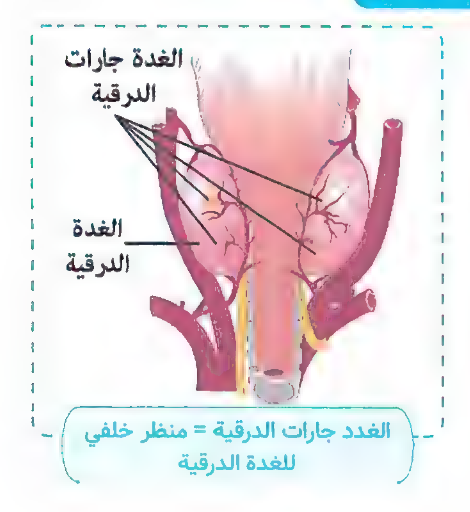







| | الجويتر البسيط | الجويتر الجحوظي |
|---|---|---|
| السبب | نقص إفراز هرمون الثيروكسين نتيجة نقص اليود في الغذاء والماء والهواء. | الإفراط في إفراز هرمون الثيروكسين. |
| تركيز الثيروكسين في الدم | منخفض | مرتفع |
| تركيز TSH في الدم | مرتفع (غالبًا) | منخفض (غالبًا) |
| أهم الأعراض | هبوط مستوى التمثيل الغذائي وعدم تحمل الفرد البرودة. | • زيــادة فــي أكســدة الغــذاء لدرجــة عــدم تحمــل الفــرد الحــرارة.<br>• نقص في وزن الجسم.<br>• زيادة في ضربات القلب.<br>• تهيج عصبي.<br>• تضخـم ملحـوظ فـي الغـدة الدرقيـة وانتفـاخ الجـزء الأمامـي مـن الرقبـة مـع جحـوظ العينيـن. |
| العلاج | إضافة اليود إلى الملح والأغذية المختلفة. | إحدى طريقتين:<br>• استئصال الجزء المتضخم من الغدة الدرقية.<br>• استخدام مركبات طبية خاصة. |

## ثالثًا الغدد جارات الدرقية (غدد العظام) Parathyroid Gland




الغدد جارات الدرقية = منظر خلفي للغدة الدرقية

- **الموقع:** اثنتان على كل جانب من الغدة الدرقية.
- **التركيب:** تتكون من أربعة أجزاء منفصلة.
- **الإفراز:** تفـرز:

### هرمون الباراثورمون Parathormone

- **التركيب الكيميائي:** هرمـون بروتينـي يتكـون مـن ارتبـاط عـدة أحمـاض أمينيـة مـع بعضهـا بروابـط ببتيديـة.
- **الوظيفة:**

1. يشترك مع هرمون الكالسيتونين في الحفاظ على المعدل الطبيعي لمستوى الكالسيوم في الدم.
2. تعتمـد كميـة الباراثورمون المفـرزة على نسبـة الكالسيوم في الـدم حيث يـزداد إفـرازه عنـد انخفـاض نسبـة الكالسيوم في الـدم لكـي يعمـل على سحبه من العظام.

- **الخلل في إفراز هرمون الباراثورمون:**

• **زيادة إفراز هرمون الباراثورمون تسبب:** ارتفاع نسبة الكالسيوم في الـدم نتيجـة سحبـــه مـن العظـام ممـا يـؤدي إلى هشاشة العظام وتعرضها للانحناء والكسر بسهولة.

• **نقص إفراز هرمون الباراثورمون تسبب:**

– نقص نسبة الكالسيوم في الدم.
– سـرعة الانفعال والغضب والثـورة لأقل سبـب.
– تشنجات عضلية مؤلمة.

## فسر ؟!

**١. تعاني بعض السيدات من هشاشة العظام بعد الولادة؛**

بسبب زيادة إفراز هرمون الباراثورمون الذي يعمل على سحب الكالسيوم من عظام الأم إلى الدم حتى ينتقل عبر المشيمة إلى الجنين ليدخل في تكوين هيكله العظمي فتصبح عظام الأم هشة ومعرضة للانحناء والكسر بسهولة.

**٢. لا تخضع جارات الدرقية لتأثير الغدة النخامية؛**

لأن كمية الباراثورمون المفرزة من الغدد جارات الدرقية تعتمد على نسبة الكالسيوم في الدم فيزداد إفرازه عند انخفاض نسبة الكالسيوم في الدم لكي يعمل على سحبه من العظام حيث يشترك مع هرمون الكالسيتونين في الحفاظ على المعدل الطبيعي لمستوى الكالسيوم في الدم.

**٣. سكان الشواطيء أكثر نشاطًا من سكان الصحاري؛**

لتوفر أملاح اليود في الماء والغذاء والهواء والتي تدخل بشكل أساسي في تكوين هرمون الثيروكسين الذي يؤثر على معدل الأيض الأساسي ويتحكم فيه فتتوفر الطاقة اللازمة لأداء أنشطة ووظائف الجسم المختلفة.

- مخطط يوضح آلية تنظيم تركيز الكالسيوم في الدم بفعل هرموني الكالسيتونين والباراثورمون:

طبيعي
مرتفع منخفض
تركيز الكالسيوم في الدم
الغدد جارات الدرقية
يزداد إفراز
هرمون الباراثورمون
عظم
تحرير الكالسيوم من العظام عن طريق تنشيط الخلايا الهادمة للعظم Osteoclast.
طبيعي
مرتفع منخفض

طبيعي
مرتفع منخفض
تركيز الكالسيوم في الدم
الغدة الدرقية
يزداد إفراز
هرمون الكالسيتونين
عظم
استخدام الكالسيوم من الدم في بناء عظم جديد عن طريق تنشيط الخلايا البانية للعظم Osteoblast.
طبيعي
مرتفع منخفض

## أسئلة الأداء الذاتي:

**١** أي الهرمونات التالية يزيد من معدل حدوث العملية الموضحة بالشكل المقابل ؟

Ⓐ الجلوكاجون
Ⓑ الكورتيزون
Ⓒ الثيروكسين
Ⓓ الأنسولين

---

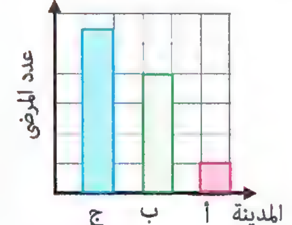
**٢** من خلال دراستك للشكل المقابل، ما الذي يدل على أن الرسم لمنظر أمامي ؟



Ⓐ ظهور الغدد جارات الدرقية
Ⓑ عدم اكتمال الحلقات الغضروفية
Ⓒ اتصال فصي الغدة الدرقية بواسطة البرزخ
Ⓓ ظهور الحويصلات في فصي الغدة الدرقية

---

**٣** الرسم البياني التالي يشير إلى عدد مرضى الميكسوديما في بعض مدن مصر أوائل القرن الماضي ادرس الرسم جيدًا ثم استنتج:
أي مما يلي يمثل المدن (أ ، ب ، ج) على الترتيب ؟




Ⓐ القاهرة – الإسكندرية – سوهاج
Ⓑ الإسكندرية – القاهرة – سوهاج
Ⓒ سوهاج – القاهرة – الإسكندرية
Ⓓ الإسكندرية – سوهاج – القاهرة

---

**٤** ادرس الجدول الذي أمامك والذي يوضح نتيجة تحليل لقياس تركيز هرمون TSH وهرمون الثيروكسين في الدم، ما الذي يمكن استنتاجه ؟

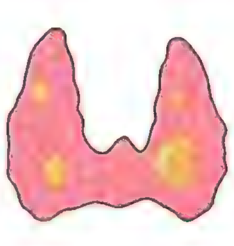
| اسم الهرمون | تركيز الهرمون في الدم | المستوى الطبيعي | |
|---|---|---|---|
| | | من | إلى |
| TSH | ٠,٢ | ٠,٤ | ١,٦ |
| الثيروكسين | ٢٢ | ٦ | ١١ |

Ⓐ وجود خلل في كلا الغدتين
Ⓑ كلا الغدتين تعمل بشكل طبيعي
Ⓒ هذا الشخص يعاني من زيادة نشاط دورة كربس
Ⓓ هذا الشخص يعاني من انخفاض درجة حرارة الجسم

---

**٥** أي الأشكال التالية تعبر عن الحالة المرضية الأسرع في إصابتها بهشاشة العظام وسهولة كسرها ؟


Ⓐ


Ⓑ


Ⓒ

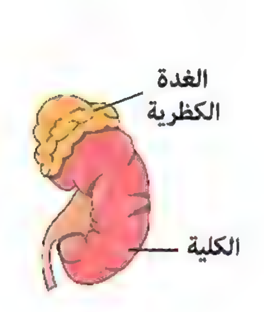

Ⓓ

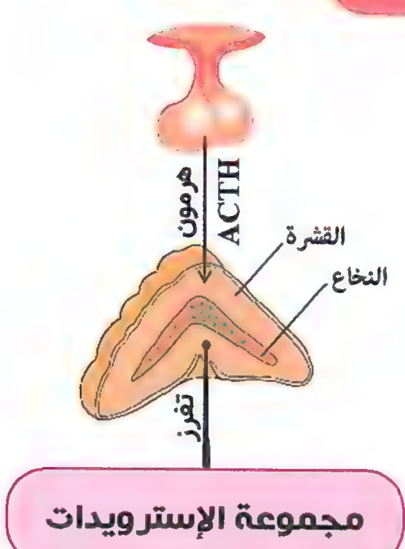
## رابعًا الغدتان الكظريتان (فوق الكلوية) - غدتا الانفعال - Adrenal Glands

- **الموقع:** غدتان تقع كل منهما فوق إحدى الكليتين.
- **التركيب:** تتركب كل منهما من منطقتين متميزتين من الناحية التشريحية والفسيولوجية وهما:

| (أ) القشرة Cortex | (ب) النخاع Medulla |
|---|---|
| • تمثل الطبقات الخارجية من الغدة الكظرية. | • تمثل الطبقة الداخلية من الغدة الكظرية. |
| • تتحكم الغدة النخامية في إفراز هرموناتها عن طريق ACTH (تنبيه هرموني). | • يتحكم الجهاز العصبي السمبثاوي في إفراز هرموناتها عن طريق الأستيل كولين (تنبيه عصبي). |
| • الاستجابة الهرمونية تستغرق وقتًا أطول. | • الاستجابة الهرمونية تستغرق وقتًا أقل. |
| • هرموناتها تتكون من مواد دهنية (إستيرويدات). | • هرموناتها تتكون من أحماض أمينية. |

### أ قشرة الغدة الكظرية




**مجموعة الإسترويدات**

| مجموعة الهرمونات السكرية Glucocorticoids | مجموعة الهرمونات المعدنية Mineralocorticoids | مجموعة الهرمونات الجنسية Sex Hormones |
|---|---|---|
| الكورتيزون - الكورتيكوستيرون | الألدوستيرون | |
| **الوظيفة:** تنظيم أيض المواد الكربوهيدراتية (السكريات والنشويات) بالجسم. | **الوظيفة:** له دور هام في الحفاظ على توازن المعادن بالجسم، فمثلًا يساعد على إعادة امتصاص الأملاح مثل الصوديوم والتخلص من البوتاسيوم الزائد عن طريق الكليتين. | **الوظيفة:** لها نشاط مشابه للهرمونات الذكرية (التستوستيرون) والهرمونات الأنثوية (الإستروجين والبروجسترون) التي تفرزها الغدد الجنسية المختصة. |

## ملحوظات

- حدوث خلل بين الهرمونات الجنسية المفرزة من قشرة الغدة الكظرية والهرمونات الجنسية المفرزة من الغدد الجنسية المختصة قد يؤدي إلى:
  - ظهور عوارض وصفات الذكورة على الإناث مثل نمو الشعر على الوجه وخشونة الصوت وقوة العضلات واضطراب الدورة الشهرية.
  - ظهور عوارض وصفات الأنوثة على الذكور مثل كبر حجم الثدي وضعف القدرة الجنسية.
  - ضمور الغدد الجنسية في كلا الجنسين (في حالة حدوث تورم لقشرة الغدة الكظرية).
- من الهرمونات المسئولة عن تنظيم أسموزية الدم: ADH والألدوستيرون.
- الهرمون الذي يؤثر على نفرونات الكليتين بشكل مباشر: ADH والألدوستيرون.
- الهرمون الذي يؤثر على نفرونات الكليتين بشكل غير مباشر: ACTH
- يعمل هرمون الألدوستيرون على رفع ضغط الدم؛ لأنه مسئول عن إعادة امتصاص الصوديوم من نفرونات الكليتين والذي يصاحبه إعادة امتصاص كمية كبيرة من الماء بالخاصية الأسموزية مما يؤدي إلى زيادة حجم البلازما وارتفاع ضغط الدم.

## ملاحظات بيانية

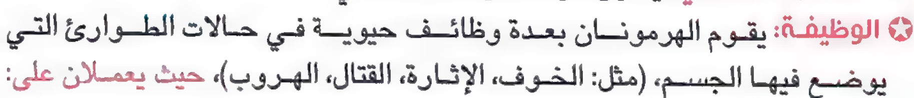
| المحور الرأسي | المحور الأفقي | العلاقة |
|---|---|---|
| الألدوستيرون | مستوى الصوديوم في الدم | ↘ |
| الألدوستيرون | مستوى البوتاسيوم في الدم | ↗ |
| كمية الصوديوم في الدم | الألدوستيرون | ↗ |
| كمية البوتاسيوم في الدم | الألدوستيرون | ↘ |
| كمية الصوديوم في البول | الألدوستيرون | ↘ |
| كمية البوتاسيوم في البول | الألدوستيرون | ↗ |

## ب نخاع الغدة الكظرية

### هرموني الأدرينالين Adrenaline والنورأدرينالين Noradrenaline (هرموني النجدة والطوارئ)



✪ **التركيب الكيميائي:** يتكون من مشتق حمض أميني.



✪ **الوظيفة:** يقوم الهرمونان بعدة وظائف حيوية في حالات الطوارئ التي يوضع فيها الجسم، (مثل: الخوف، الإثارة، القتال، الهروب)، حيث يعملان على:

١ زيادة نسبة الجلوكوز في الدم عن طريق تحويل الجليكوجين المخزن في الكبد إلى جلوكوز.

٢ زيادة قوة وسرعة انقباض القلب.　　٣ رفع ضغط الدم

، ونتيجة للتغيرات السابقة تحصل عضلات الجسم على الطاقة اللازمة للانقباض مع زيادة استهلاك الأكسجين (يظهر ذلك بوضوح أثناء تأدية التمرينات الرياضية).

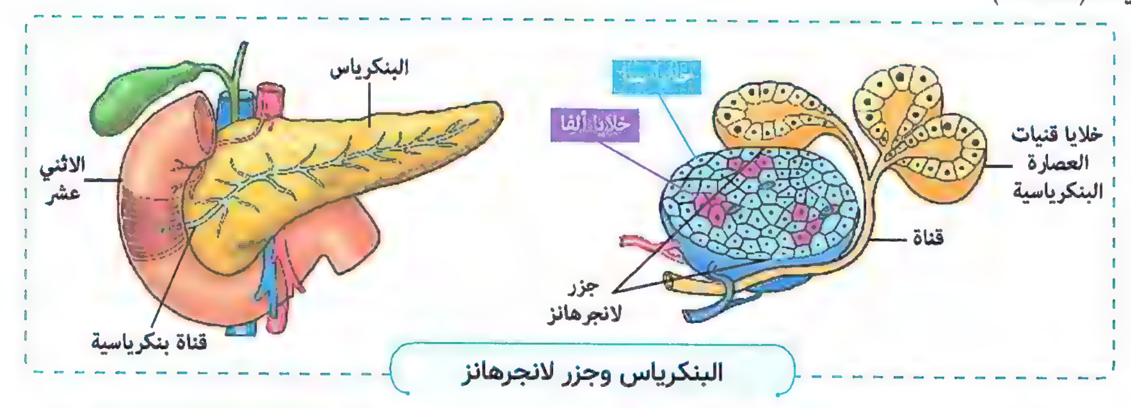
حبل شوكي
عصب سمبثاوي
هرمون الأدرينالين
القشرة
وعاء دموي
النخاع

### علل؟!

• يرتبط نشاط بعض الهرمونات بالعناصر والمعادن.
• الألدوستيرون: يعمل على امتصاص الصوديوم والتخلص من البوتاسيوم الزائد عن طريق الكليتين.
• الكالسيتونين والباراثورمون: يعملان على الحفاظ على المعدل الطبيعي للكالسيوم.
• الثيروكسين: يدخل في تركيب عنصر اليود بشكل أساسي.

## خامسا البنكرياس Pancreas

يعتبر البنكرياس من الغدد المشتركة (المختلطة) التي تجمع بين الغدد القنوية (ذات الإفراز الخارجي) والغدد اللاقنوية (الصماء).




البنكرياس وجزر لانجرهانز

| | جزء غدي قنوي | جزء غدي لاقنوي |
|---|---|---|
| التركيب | يحتوي على خلايا حويصلية تفرز إنزيمات هاضمة وتصبها على الطعام في الاثني عشر عن طريق القناة البنكرياسية. | يحتوي على خلايا غدية صغيرة متخصصة تعرف بـ«جزر لانجرهانز» تفرز هرموناتها في الدم مباشرة دون المرور في قنوات خاصة بها. |
| الوظيفة | يعمل على هضم الطعام. | يعمل على الحفاظ على المستوى الطبيعي للسكر في الدم (٨٠-١٢٠ مليجرام/١٠٠ سم٣ ≈ ١ جرام/لتر). |

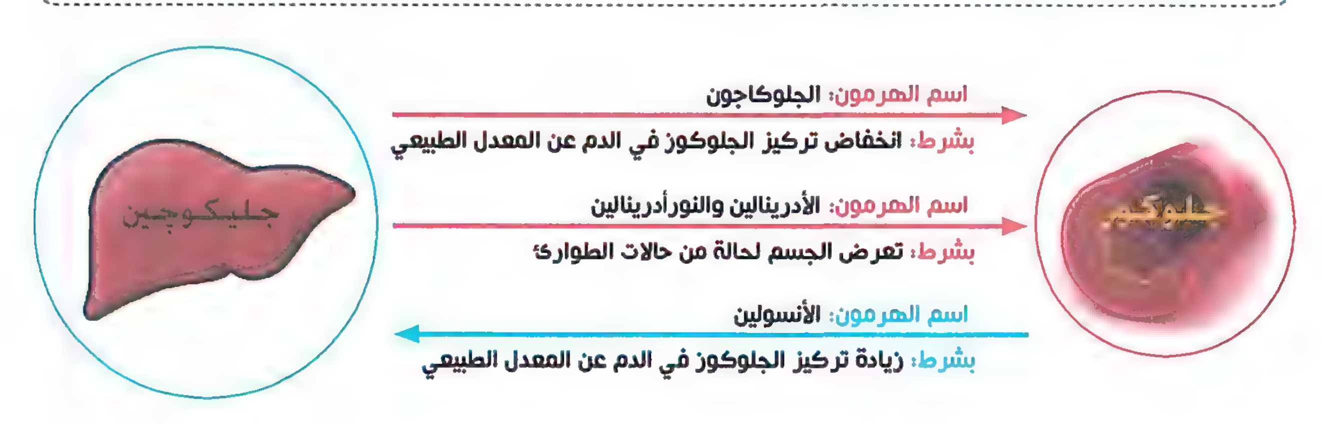




| | خلايا ألفا Alpha cells | خلايا بيتا Beta cells |
|---|---|---|
| العدد | قليلة العدد. | تمثل غالبية الخلايا (كثيرة العدد). |
| الإفراز | تفرز هرمون الجلوكاجون. | تفرز هرمون الأنسولين. |
| وظيفة الهرمون | يعمل على رفع تركيز سكر الجلوكوز في الدم عن طريق تحويل الجليكوجين المخزن في الكبد فقط إلى جلوكوز. | يعمل على خفض تركيز سكر الجلوكوز في الدم عن طريق:<br>١. مرور السكريات الأحادية (ماعدا الفركتوز) من خلال غشاء الخلية إلى داخلها والحث على أكسدة الجلوكوز في خلايا وأنسجة الجسم المختلفة.<br>٢. يحفز تحويل الجلوكوز الزائد عن حاجة الجسم إلى:<br>– جليكوجين يخزن في الكبد والعضلات.<br>– مواد دهنية تخزن في أنسجة الجسم. |

### ملحوظات

- تمُر السكريات الأحادية من خلال غشاء الخلية إلى داخلها بتأثير هرمون الأنسولين.. عدا الفركتوز يمر إلى داخل الخلايا دون الحاجة لهرمون الأنسولين.
- هرمون الجلوكاجون لا يؤثر على تكسير جليكوجين العضلات الهيكلية؛ لعدم وجود مستقبلات خاصة على الساركوليما.
- البنكرياس يحتوي على خلايا حويصلية قنوية، بينما الغدة الدرقية تحتوي على خلايا حويصلية لا قنوية.
- قد يتسبب الإفراط في تناول المواد النشوية كالأرز إلى سمنة مفرطة؛ لأنه ينتج عن هضمها عدد كبير من جزيئات سكر الجلوكوز مما يعمل على زيادة تركيزه في الدم عن المعدل الطبيعي فيعمل هرمون الأنسولين المفرز من خلايا بيتا بجزر لانجرهانز بالبنكرياس على إدخال بعض جزيئات السكر داخل الخلايا وتحويل الباقي إلى جليكوجين يخزن في الكبد والعضلات أو مواد دهنية تخزن في أنسجة الجسم المختلفة فيؤدي ذلك لزيادة وزن الجسم.
- نقص إفراز هرمون الثيروكسين يسبب زيادة معدل ترسيب الدهون، بينما زيادة إفراز هرمون الإنسولين تسبب زيادة معدل ترسيب الدهون.



مخطط يوضح تنظيم تركيز الجلوكوز في الدم عن طريق هرموني الأنسولين والجلوكاجون:

الأنسجة الدهنية

جلوكوز ← دهون

يحفز تحويل

يعمل على

زيادة نفاذية غشاء الخلية للسكريات الأحادية والحث على أكسدة الجلوكوز في أنسجة الجسم المختلفة.

يحفز تحويل

الكبد

جلوكوز ← جليكوجين

العضلة

جلوكوز ← جليكوجين

الأنسولين

تفرز هرمون

خلايا بيتا بالبنكرياس

يؤدي ذلك إلى خفض مستوى الجلوكوز حتى يصل إلى

عند ارتفاع نسبة الجلوكوز

يحفز ذلك

المستوى الطبيعي للجلوكوز في الدم ٨٠-١٢٠ ملجم/١٠٠ سم٣

عند انخفاض نسبة الجلوكوز

يحفز ذلك

خلايا ألفا بالبنكرياس

تفرز هرمون

الجلوكاجون

يحفز تحويل

الكبد

جليكوجين ← جلوكوز

تؤدي ذلك إلى رفع مستوى الجلوكوز ليصل إلى

## للاطلاع فقط

- عملية تنظيم مستوى الجلوكوز في الدم عملية معقدة يشترك فيها أكثر من هرمون؛ لأن زيادة الجلوكوز أو نقصه بمعدل كبير قد تسبب غيبوبة تؤدي إلى الوفاة، وتتم العملية على النحو التالي:



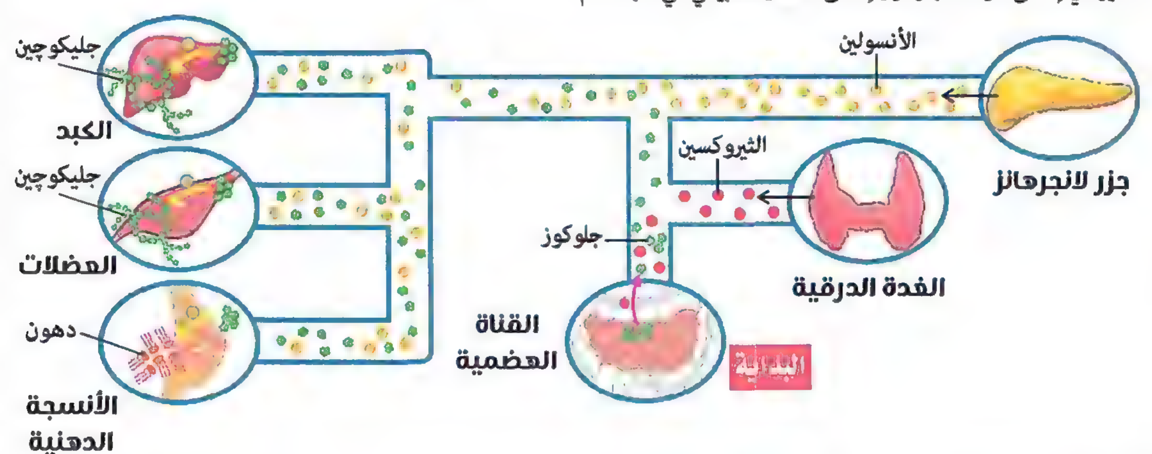
## للاطلاع فقط

- **الأنسجة التي تحتاج للأنسولين لمرور الجلوكوز عبر أغشية خلاياها** هي العضلات الهيكلية والقلب والأنسجة الدهنية.
- **بعد تناول وجبة غنية بالكربوهيدرات:**

١- يزداد تركيز سكر الجلوكوز في الدم عن المعدل الطبيعي تحت تأثير هرمون الثيروكسين حيث يحفز امتصاص السكريات الأحادية من القناة الهضمية.

٢- يقل إفراز هرمون الجلوكاجون فيقل معدل تكسير الجليكوجين إلى جلوكوز.

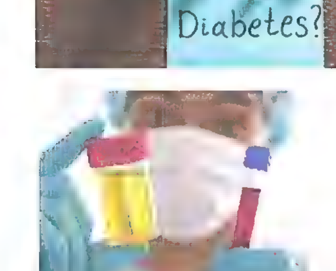
٣- يزداد إفراز هرمون الإنسولين فيزداد معدل أكسدة الجلوكوز داخل العضلات الهيكلية والقلب والأنسجة الدهنية وتتحول النسبة الباقية إلى جليكوجين (يخزن في خلايا الكبد والعضلات) أو دهون (تخزن في الأنسجة الدهنية كأنسجة الثدى) مما يؤدي إلى عودة الجلوكوز إلى المعدل الطبيعي في الجسم.




- **يعمل هرمون الأنسولين على** خفض تركيز سكر الجلوكوز في الدم وزيادة تركيزه في الخلايا.
- **يعمل هرمون الجلوكاجون على** زيادة تركيز سكر الجلوكوز في الدم وخفض تركيزه في الخلايا.

## مرض البــول السكـــري Diabetes Mellitus






**الأسباب:**

١ نقص إفراز خلايا بيتا بجزر لانجرهانز بالبنكرياس لهرمون الأنسولين مما يؤدي إلى خلل في أيض كل من الجلوكوز والدهون في الجسم.

-أو-

٢ عدم استجابة مستقبلات الأنسولين للأنسولين المفرز من خلايا بيتا.

**الأعراض:**

١ ارتفاع نسبة سكر الجلوكوز في الدم عن المعدل الطبيعي (يظهر ذلك في تحاليل الدم).

٢ تعدد التبول والعطش؛ نتيجة وجود سكر الجلوكوز في البول (يظهر ذلك في تحليل البول) الذي يصاحبه إخراج كميات كبيرة من الماء.

٣ خلل في أسموزية الدم.

٤ إصابة مرضى السكر أحيانًا بغيبوبة السكر.

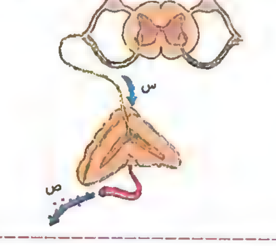
**طرق العلاج:** حقن المريض بالأنسولين البشري أو الأنسولين المستخلص من بنكرياس المواشي والخنازير.

## فسر ؟!

| | |
|---|---|
| • يعاني مريض السكر من تعدد مرات التبول والعطش؛ | لنقص إفراز هرمون الأنسولين مما يؤدي إلى حدوث خلل في أيض كل من الجلوكوز والدهون بالجسم فتزيد نسبة سكر الجلوكوز في الدم وبالتالي زيادته في البول والذي يصاحبه إخراج كمية كبيرة من الماء (كوسيلة لفقده والتخلص منه) وذلك بسبب ذوبانه في الماء وزيادة أسموزيته. |
| • يعاني مريض البول السكري من قلة النشاط؛ | لنقص إفراز هرمون الأنسولين المسئول عن مرور السكريات الأحادية (ماعدا الفركتوز) من خلال غشاء الخلية إلى داخلها والحث على أكسدة الجلوكوز في خلايا وأنسجة الجسم المختلفة للحصول على جزيئات ATP المخزون المباشر للطاقة داخل العضلات وبالتالي قلة معدل الانقباض العضلي مما يسبب نقص الحركة وقلة النشاط. |
| • قد يعاني مريض السكر من النحافة المفرطة؛ | حيث أن هرمون الأنسولين يعمل على مرور السكريات الأحادية من خلال غشاء الخلية إلى داخلها والحث على أكسدة الجلوكوز في خلايا وأنسجة الجسم المختلفة ومريض السكر يعاني نقص الأنسولين فتلجأ الخلية لحرق الدهون، كما أنه لن يتم تحويل سكر الجلوكوز إلى جليكوجين يخزن في الكبد والعضلات أو مواد دهنية تخزن في أنسجة الجسم المختلفة. |
| • لا يوصي بتناول مرضي السكر للأنسولين عن طريق الفم؛ | لأن الأنسولين من الهرمونات التي تتكون من البروتين فإذا تم تناوله عن طريق الفم سيتعرض للهضم بواسطة العصارة الهاضمة في المعدة والأمعاء فيفقد تركيبه الأساسي وبالتالي يفقد وظيفته عند وصوله إلى الدم بعد الامتصاص. |
| • يوصي الأطباء مرضي السكر بتناول الأطعمة الغنية بسكر الفركتوز مثل الفواكه؛ | لأن سكر الفركتوز لا يحتاج إلى هرمون الأنسولين للمرور عبر غشاء الخلايا إلى داخلها وبالتالي يتم أكسدته للحصول على الطاقة اللازمة لتأدية الأنشطة والوظائف الحيوية المختلفة ومرضي السكر يعانون من نقص في إفراز هرمون الأنسولين. |
| • قد يؤدي التعرض للضغط العصبي إلى الإصابة بالبول السكري؛ | بسبب استمرار نخاع الغدة الكظرية في إفراز هرموني الأدرينالين والنورأدرينالين تحت تأثير الضغط العصبي مما يؤدي لتحويل الجليكوجين المخزن في الكبد والعضلات إلى جلوكوز فيزداد مستواه في الدم عن المعدل الطبيعي والذي يصاحبه أعراض البول السكري. |

## أسئلة الأداء الذاتي:

٦ أي العبارات التالية صحيحة عن الشكل المقابل ؟

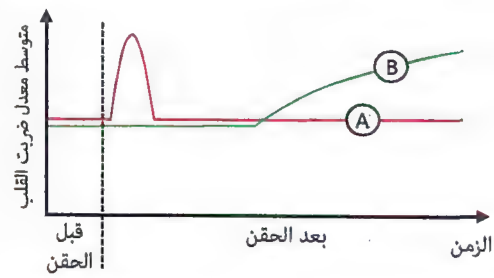



Ⓐ العملية (س) تتم عن طريق خلايا عصبية مفرزة
Ⓑ الإفراز (ص) يزداد بزيادة ضغط الدم
Ⓒ يتحكم التحفيز (س) في الحركات الإرادية للعضلات
Ⓓ يؤثر (س) على فعل لا إرادي، بينما (ص) على فعل إرادي ولا إرادي

٧ أي الهرمونات التالية له أثران متعاكسان على نفرونات الكليتين ؟

Ⓐ ADH
Ⓑ الأنسولين
Ⓒ الألدوستيرون
Ⓓ الكورتيزون

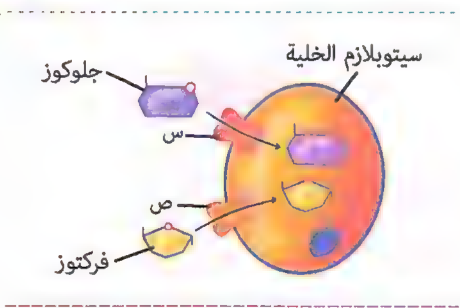
٨ الرسم البياني المقابل يوضح نتائج حقن شخصين بهرمونين مختلفين وتأثير ذلك على معدل ضربات القلب، ادرس الرسم جيدًا ثم أجب :




أي مما يلي يمثل الهرمون الذى حقن به الشخص (A) والهرمون الذي حقن به الشخص (B) على الترتيب ؟

Ⓐ هرمون الثيروكسين، هرمون الأنسولين
Ⓑ هرمون الأنسولين، هرمون الأدرينالين
Ⓒ هرمون الأدرينالين، هرمون الثيروكسين
Ⓓ هرمون الثيروكسين، الهرمون المضاد لإدرار البول

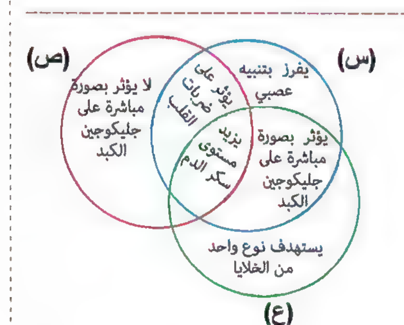
9) أي العبارات التالية صحيحة بالنسبة للشكل المقابل ؟




أ) تحتاج العملية (ص) استهلاك الطاقة لإتمام حدوثها
ب) تحدث كلا العمليتين بواسطة هرمونين متعاكسين في الوظيفة
ج) الهرمون المسبب للعملية (س) يقلل من الجليكوجين الكبدي
د) زيادة معدل العملية (س) ينشط نخاع الغدة الكظرية

10) ادرس المخطط التالي الذي يمثل تأثير ثلاثة هرمونات (س ، ص ، ع) على بعض العمليات في جسم الإنسان، ثم أجب :

ماذا يمثل (س ، ص ، ع) على الترتيب ؟




أ) الأدرينالين - الثيروكسين - الجلوكاجون
ب) الأدرينالين - الجلوكاجون - الثيروكسين
ج) الثيروكسين - الأدرينالين - الجلوكاجون
د) الجلوكاجون - الأدرينالين - الثيروكسين

11) من الشكل المقابل، أي العبارات التالية صحيحة ؟

(ص) (س)

لا يؤثر بصورة مباشرة على جليكوجين الكبد — يفرز بتنبيه عصبي — يؤثر على ضربات القلب — يؤثر بصورة مباشرة على جليكوجين الكبد — يزيد مستوى سكر الدم — يستهدف نوع واحد من الخلايا

(ع)

أ) التحفيز (س) ينتج عنه إفراز هرمون يؤثر على الكبد والعضلات
ب) التحفيز (ص) يزداد بعد استئصال جزء من الغدة النخامية
ج) التحفيز (س) يزداد أثناء ممارسة التمرينات الرياضية
د) التحفيز (ص) يزداد في الساعات الأخيرة من الصيام

## سادساً الغدد التناسلية Gonads (Sex Glands)

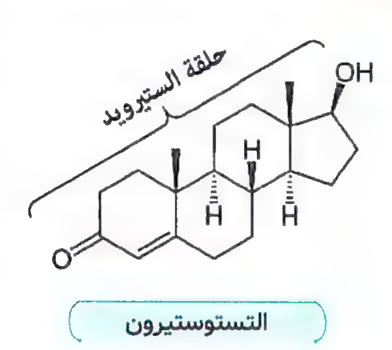
- الغدد التناسلية (المناسل) في الإنسان تشمل:

- الخصية في الذكر. - المبيض في الأنثى.

- الوظيفة: (١) تكوين الجاميتات «الأمشاج» الذكرية (الحيوانات المنوية) والأنثوية (البويضات).
(٢) إفراز الهرمونات الجنسية المسئولة عن نمو الأعضاء التناسلية وظهور الصفات الجنسية الثانوية وهي تتميز إلى نوعين، هما:

### 1 الهرمونات الجنسية الذكرية Male sex Hormones (الأندروجينات Androgens)

- تشمل:
  1. هرمون التستوستيرون Testosterone
  2. هرمون الأندروستيرون Androsterone
- التركيب الكيميائي: يتكون من مواد دهنية (إستيرويدات).
- مكان الإفراز: تفرز من الخلايا البينية في الخصية.
- الوظيفة:



التستوستيرون

- نمو البروستاتا والحوصلتين المنويتين.
- ظهور الصفات الجنسية الثانوية في الذكر عند البلوغ
(نمو العضلات - خشونة الصوت - نمو شعر الوجه.. إلخ).

## ٧ الهرمونـــات الجنســية الأنثوية Female sex Hormones

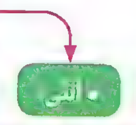
(الإستروجينات Oestrogenes)

| | ١ هرمون الإستروجين Oestrogen (الإستراديول Oestradiol) | ٢ هرمون البروجستيرون Progesterone |
|---|---|---|
| التركيب الكيميائي | • يتكون من مواد دهنية (إستيرويدات). | |
| مكان الإفراز | يفرز من حويصلات جراف في المبيض. | يفرز من الجسم الأصفر في المبيض والمشيمة في الرحم. |
| الوظيفة | يعمل على ظهور الصفات الجنسية الثانوية في الأنثى عند البلوغ مثل (كبر الغدد الثديية – تنظيم الطمث «الدورة الشهرية» – إنماء بطانة الرحم). | يعمل على تنظيم دورة الحمل حيث:<br>• ينظم التغيرات الدموية في الغشاء المبطن للرحم ليعده لاستقبال البويضة المخصبة وزرعها.<br>• ينظم التغيرات التي تحدث في الغدد الثديية أثناء الحمل حيث يحفزها على النمو التدريجي. |

### ٣ هرمون الريلاكسين Relaxin

- **مكان الإفراز:** يفرز من الجسم الأصفر والمشيمة وبطانة الرحم.
- **التركيب الكيميائي:** هرمون بروتيني يتكون من ارتباط عدة أحماض أمينية مع بعضها بروابط ببتيدية.
- **الوظيفة:** يزيد إفرازه عند نهاية فترة الحمل فيعمل على ارتخاء الارتقاق العاني لتسهيل عملية الولادة.

### ملحوظات



• العلاقة بين الغدة النخامية وظهور الصفات الجنسية الثانوية عند كل من الذكر والأنثى:

**• أنثى:** يفرز الجزء الغدي من الغدة النخامية هرمون FSH الذي يعمل على إنضاج حويصلة جراف التي تفرز أثناء نموها هرمون الأستروجين الذي يعمل على إظهار الخصائص الجنسية الثانوية للأنثى عند البلوغ.

**• الذكر:** يفرز الجزء الغدي من الغدة النخامية هرمون LH المسئول عن نمو الخلايا البينية في الخصية وتنبيه الخلايا البينية لإفراز هرموناتها الجنسية (التستوستيرون – الأندروستيرون) المسئولة عن إظهار الصفات الجنسية الثانوية في الذكر عند البلوغ.

• هرمون الأنوثة ← الأستروجين
• هرمون الحمل ← البروجستيرون
• هرمون الرضاعة ← البرولاكتين والأوكسيتوسين
• هرمون الولادة ← الأوكسيتوسين والريلاكسين.

• يمكن أن يؤثر أكثر من هرمون على نسيج واحد إذا وجدت مستقبلات لهذه الهرمونات على سطح هذا النسيج. مثل:
- الكبد: يتأثر بـ الجلوكاجون والأدرينالين والنورأدرينالين.
- الكلية: تتأثر بـ الألدوستيرون و ADH و ACTH.
- الغدد اللبنية: تتأثر بـ الإستروجين والبروجسترون و البرولاكتين والأكسيتوسين.

## سابعًا هرمونات القناة الهضمية Gastrointestinal Hormones

يعتبر الغشاء المخاطي المبطن للقناة الهضمية من الغدد المشتركة (المختلطة) التي تجمع بين الغدد القنوية (ذات الإفراز الخارجي) والغدد اللاقنوية الصماء (ذات الإفراز الداخلي).

### جزء غدي قنوي

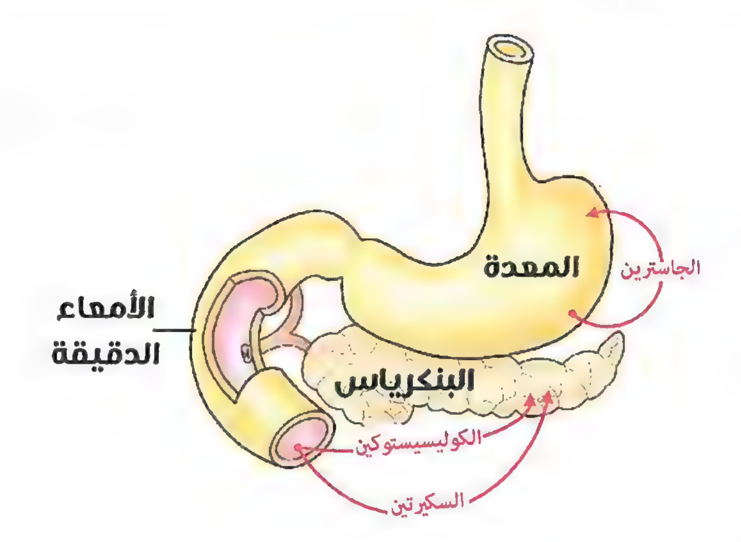
يحتوي على غدد تفرز العصارة الهاضمة في قنوات خاصة، مثل:

- الغدد اللعابية تفرز اللعاب.
- المعدة تفرز العصير المعدي (حمض HCl).
- الأمعاء تفرز العصير ا لمعو ي .

### جزء غدي لاقنوي

يقوم بإفراز مجموعة من الهرمونات تعمل على تنشيط غدد القناة الهضمية لإفراز إنزيمات العصارة الهاضمة، مثل:

1. هرمون الجاسترين Gastrin: يفرز من المعدة وينتقل خلال الدم إلى المعدة مرة أخرى ليحثها على إفراز العصير المعدي.
2. هرمون السكيرتين Secretin وهرمون الكوليسيستوكينين Cholecystokinin: يفرزان من الأمعاء الدقيقة وينتقلان عبر الدم إلى البنكرياس ليحثانه على إفراز العصارة البنكرياسية.




### ملحوظات

- زيادة حامضية المعدة (نقص القاعدية) تقلل من إفراز هرمون الجاسترين والعكس صحيح.
- زيادة قاعدية المعدة (نقص الحامضية) تقلل من إفراز هرموني السيكرتين والكوليسيستوكينين.
- هرمون الجاسترين يؤثر في هضم البروتين فقط.
- زيادة إفراز هرمون الجاسترين قد يصيب الإنسان بقرحة المعدة.

سؤال مقالي:

• تناول شخص أرزًا باللبن، في ضوء دراستك للهرمونات وضح الغدد التي تعمل على هذه الوجبة وإفراز كل غدة.

الإجابة

| الغدد | الإفراز | الرسم التوضيحي |
|---|---|---|
| (١) الغدد اللعابية | إفراز اللعاب. |   |
| (٢) الغشاء المخاطي المبطن للمعدة | هرمون الجاسترين. | |
| (٣) الغشاء المخاطي المبطن للأمعاء | هرموني السيكرتين والكوليسيستوكينين. | |
| (٤) البنكرياس (الجزء القنوي) | العصارة البنكرياسية مثل التربسينوچين. | |
| (٥) الغدة الدرقية | هرمون الثيروكسين (يحفز امتصاص السكريات الأحادية من القناة الهضمية). | |
| (٦) البنكرياس (الجزء اللاقنوي) | هرمون الأنسولين. | |
| (٧) الغدة الدرقية | هرمون الكالسيتونين. | |

تجميعات وملاحظات هامة

• الهرمونات التي تؤثر على الغدد الثديية في أنثى الإنسان.

| ١- هرمون الإستروجين: | ٢- هرمون البروجسترون: | ٣- هرمون البرولاكتين: | ٤- هرمون الأوكسيتوسين: |
|---|---|---|---|
| مسئول عن كبر الغدد الثديية عند البلوغ. | ينظم التغيرات التي تحدث في الغدد الثديية حيث يحفزها على النمو التدريجي. | مسئول عن إفراز اللبن في أواخر الحمل. | له أثر مشجع في اندفاع الحليب استجابة لعملية الرضاعة. |

**هرمونات حفظ الاتزان الداخلي للجسم**

- **ADH**: تقليل كمية البول عن طريق إعادة امتصاص الماء في النفرون مما يحافظ على نسبة الماء بالجسم.
- **الكالسيتونين والباراثورمون**: لهما دور في الحفاظ على المعدل الطبيعي لمستوى الكالسيوم في الدم.
- **الأنسولين والجلوكاجون**: الحفاظ على المستوى الثابت لسكر الجلوكوز في الدم والذي يبلغ حوالي (١٨٠-١٢٠ ملليجرام/١٠٠ سم٣).
- **الألدوستيرون**: له دور هام في الحفاظ على توازن المعادن بالجسم، فمثلًا يساعد على إعادة امتصاص الأملاح كالصوديوم والتخلص من البوتاسيوم الزائد عن طريق الكليتين.

## هرمونات التمثيل الغذائي (الأيض)

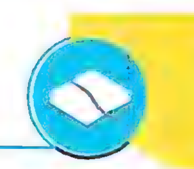
- **الكورتيزون والكورتيكوستيرون**: تنظيم أيض المواد الكربوهيدراتية (السكريات والنشويات) بالجسم.
- **GH**: التحكم في عمليات الأيض وخاصة البروتين وبالتالي التحكم في نمو الجسم.
- **الثيروكسين**: التحكم في معدل الأيض الأساسي بالجسم.
- **الأنسولين**:
  - الحث على أكسدة الجلوكوز في خلايا وأنسجة الجسم المختلفة.
  - يحفز تحويل الجلوكوز إلى جليكوجين يخزن في الكبد والعضلات أو مواد دهنية تخزن في أنسجة الجسم.

## هرمونات النضج الجنسي في الذكر

- **FSH**:
  - تكوين الأنيبيبات المنوية.
  - تكوين الحيوانات المنوية في الخصية.
- **LH**:
  - مسئول عن تكوين الخلايا البينية في الخصية.
  - تنبيه الخلايا البينية لإفراز هرموناتها الجنسية.
- **التستوستيرون والأندروستيرون**:
  - نمو البروستاتا والحوصلتين المنويتين.
  - ظهور الصفات الجنسية الثانوية في الذكر عند البلوغ.

## هرمونات النضج الجنسي في الأنثى

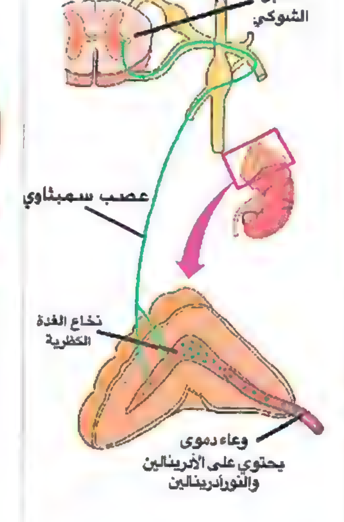
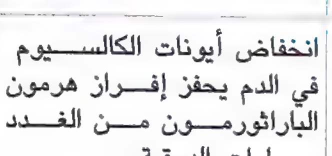
- **FSH**: نمو الحويصلات في المبيض وتحويلها إلى حويصلة جراف في مرحلة نضج البويضة.
- **LH**: تفجير حويصلة جراف وتحرر البويضة وتكوين الجسم الأصفر من بقايا حويصلة جراف في مرحلة التبويض.
- **الإستروجين (الإسترادبول)**: ظهور الصفات الجنسية الثانوية في الأنثى عند البلوغ مثل (كبر الغدد الثديية - تنظيم الطمث - إنماء بطانة الرحم).





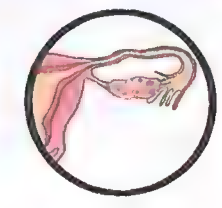


## محفـزات الغـدد الصمـاء

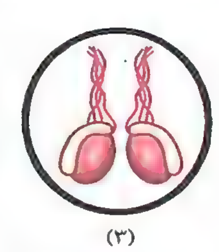
| | تحفيز هرموني Hormonal | تحفيز عصبي Neural | تحفيز خلطي Humoral |
|---|---|---|---|
| المؤثر | هرمون | سيال عصبي | أيونات |
| مثال | يفرز الفص الأمامي للغدة النخامية هرمونات منبهة لمعظم الغدد الصماء، مثل:<br>- الهرمون المنبه للغدة الدرقية TSH الذي يحفز الغدة الدرقية لإفراز هرمون الثيروكسين.<br>- الهرمون المنبه لقشرة الغدة الكظرية ACTH الذي ينبه قشرة الغدة الكظرية لإفراز الهرمونات الإستيرويدية.<br>- الهرمونات المنبهة للمناسل وتشمل FSH و LH اللذان ينبهان الغدد الجنسية المختصة لإفراز هرموناتها.<br>TSH ACTH LH,HF<br>الغدة الدرقية - قشرة الغدة الكظرية - الخصية | تنبيه العصب السمبثاوي لنخاع الغدة الكظرية لإفراز هرموني الأدرينالين والنورأدرينالين.<br><br> | <br>انخفاض أيونات الكالسيوم في الدم يحفز إفراز هرمون الباراثورمون من الغدد جارات الدرقية.<br><br> |

## أسئلة الأداء الذاتي:

**١٢** أي الغدد التالية تتحكم في اكتمال عملية النضج الجنسي ؟


(١)


(٢)

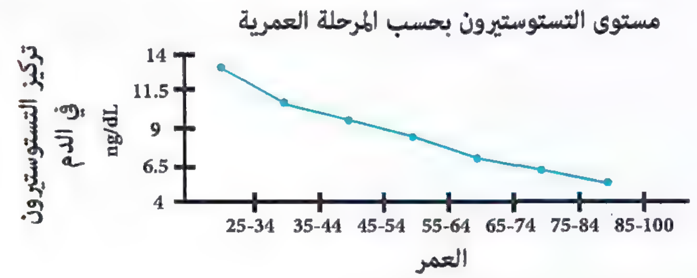

(٣)


(٤)

Ⓐ (١ ، ٢)　Ⓑ (١ ، ٣)　Ⓒ (١ ، ٢ ، ٣)　Ⓓ (١ ، ٣ ، ٤)

---

**١٣** الشكل التالي يوضح التغير في تركيزهرمون التستوستيرون حسب المرحلة العمرية، ادرس الشكل جيدًا ثم أجب :
أي العبارات التالية يمكن استنتاجها من الشكل ؟




Ⓐ أعلى معدل لإفراز هرمون LH يكون بين ٢٥ إلى ٣٥ عام
Ⓑ أعلى معدل لإفراز هرمون التستوستيرون يكون عند سن الأربعين
Ⓒ أعلى معدل لنمو الكتلة العضلية يكون في سن العشرين
Ⓓ يبدأ إفراز هرمون التستوستيرون في سن الخامسة والعشرين

---

**١٤** أي البدائل التالية تعبر عن الترتيب الزمني الدقيق لعمل الهرمونات على ثدي الأنثى ؟
Ⓐ البروجسترون ثم الإستروجين ثم البرولاكتين ثم الأوكسيتوسين
Ⓑ البرولاكتين ثم الإستروجين ثم البروجسترون ثم الأوكسيتوسين
Ⓒ الإستروجين ثم البروجسترون ثم الأوكسيتوسين ثم البرولاكتين
Ⓓ الإستروجين ثم البروجسترون ثم البرولاكتين ثم الأوكسيتوسين

---

**١٥** عند تناول أحد الأشخاص وجبة غنية بالمواد النشوية حدثت العمليات الموضحة بالجدول المقابل، ادرس الجدول جيدًا ثم أجب :
أي الهرمونات التالية لا يفرز بصورة طبيعية عند هذا الشخص ؟
Ⓐ السكريتين والأنسولين
Ⓑ الأنسولين والثيروكسين
Ⓒ السكريتين والثيروكسين
Ⓓ الثيروكسين والأدرينالين

| العملية | المعدل بعد تناول الوجبة | المستوى الطبيعي | |
|---|---|---|---|
| | | من | إلى |
| إفراز إنزيمات البنكرياس | ٦٥ | ٤٠ | ٩٠ |
| مرور الجلوكوز عبر خملات الأمعاء | ١٦٢ | ٢٠٠ | ٣٠٠ |
| دخول الجلوكوز إلى خلايا العضلات | ٥,٨ | ٧ | ١٤ |
| أكسدة الجلوكوز | ١٩ | ٢٧ | ٥٠ |



# الفصل الثالث 3

# التكاثر في الكائنات الحية

## أهداف الفصل

**في نهاية هذا الفصل ينبغي أن يكون الطالب قادرًا على أن**

- يتعرف مفهوم التكاثر وأهميته للأحياء.
- يكتشف قدرات التكاثر بين الأحياء.
- يتعرف طرق التكاثر بين الأحياء لاجنسياً وجنسياً.
- يتعرف دورة حياة البلازموديوم المسبب لمرض الملاريا.
- يقارن بين التكاثر اللاجنسي والتكاثر الجنسي.
- يتعرف كيف تتكون البذور والثمار.
- يتعرف مكونات الأجهزة التناسلية المذكرة والمؤنثة في الإنسان.
- يتعرف مراحل تكوين الحيوان المنوى والبويضة في الإنسان.
- يتعرف دورة الطمث في المرأة ودور الهرمونات في
- تنظيم هذه الدورة.
- يتعرف كيف يحيا الجنين داخل الرحم ومراحل تكوينه ونموه.
- يكتشف كيف تحدث ظاهرة التوائم وأنواعها.
- يتعرف وسائل منع الحمل.
- يتعرف كيفية إخصاب البويضة خارج الجسم (أطفال الأنابيب).
- يقدر جهود العلماء في التقدم التكنولوجي المرتبط بعملية التكاثر.
- يقدر عظمة الخالق في توالد الأجيال لتستمر الحياة على سطح الأرض.

الدرس 1 طرق التكاثر في الكائنات الحية

الدرس 2 تابع طرق التكاثر في الكائنات الحية

الدرس 3 التكاثر في النباتات الزهرية

الدرس 4 التكاثر في الإنسان

الدرس 5 تابع التكاثر في الإنسان

## أهم المفاهيم

- التكاثر
- التوالد البكري
- زراعة الأنسجة النباتية
- الإخصاب
- ظاهرة تعاقب الأجيال
- الزهرة.
- النورات.
- التلقيح
- الإخصاب المزدوج
- الأثمار العذري
- دورة التزاوج
- التوتية
- التوأم السيامي
- زراعة الأنوية



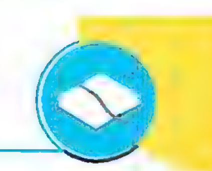
# الفصل 3 الــدرس التمهيدي
## تمهيد

- تنقسم الكائنات الحية حسب درجة رقيها إلى:

| أوليات النواة | حقيقيات النواة |
| --- | --- |
| كائنــات أوليــة توجــد مادتهــا الوراثيــة (DNA) فــي السيتوبلازم غير محاطة بغشاء نـووي ولا تنتظم في صــورة صبغيــات مثــل البكتيريــا. | كائنـات أكثـر رقيًـا تحـاط مادتهـا الوراثيـة (DNA) بغشـاء نــووي يفصلهــا عــن الســيتوبلازم وتنتظــم فــي صــورة صبغيــات وقــد تكــون:<br>• وحيدة الخلية مثل الأميبا.<br>• عديد الخلايا مثل النباتات والحيوانات الراقية. |

- تنقسم خلايا الجسم اعتماداً على المحتوى الصبغي وطريقة الانقسام الخلوي إلى:

| | خلايا جسدية | خلايا المناسل | خلايا جنسية |
| --- | --- | --- | --- |
| المحتوى الصبغي | ثنائية المجموعة الصبغية ٢ن. | ثنائية المجموعة الصبغية ٢ن. | أحادية المجموعة الصبغية ن. |
| الانقسام الخلوي السائد | تنقسم ميتوزيًا. | تنقســم ميوزيًــا بشــكل عــام. | تنتج من انقسام خلايا المناسل(٢ن) ميوزيًا. |
| هدف الانقسام الخلوي | النمــو والتئــام الجــروح وتعويض الأنسـجة الممزقة أو المقطوعـة حيث يكـون عـدد الصبغيات في الخلايا الجديـدة مماثـلاً لعـدد الصبغيـات فـي الخلايـا الأصلية ولا يصاحبها تغير في المحتوى الصبغي مثل خلايـا الكبد والكلى والجلد و... إلـخ. | تكويــن الأمشــاج (الخلايــا الجنســية ن) حيــث يتــم خلالهــا اختــزال عــدد الصبغيــات للنصــف وعنــد اندمــاج المشــيج المذكــر (ن) مــع المشــيج المؤنــث (ن) يعــود العــدد الأصلــي للصبغيات (٢ن) في الأجيال التاليـة ويصاحبهـا تغير فـي المحتـوى الوراثـي للأبنـاء (الصفـات الوراثيـة) وتشـمل المناسـل المذكـرة (الخصيـة والمتـك) والمناسـل المؤنثـة (المبيـض). | تعتبـر الأمشـاج التـي يحـدث مـن خلالهـا عمليـة الإخصـاب ليعـود للفـرد الأصلـي نفـس العــدد مــن الصبغيــات وتشــمل الأمشــاج المذكــرة (الحيوانـات المنويـة وحبـوب اللقـاح) والأمشــاج المؤنثــة (البويضــات). |






## مقارنة بين الانقسام الميتوزي والانقسام الميوزي:

| | الانقسام الميتوزي | الانقسام الميوزي |
|---|---|---|
| مكان الحدوث | الخلايا الجسدية. | خلايا المناسل |
| أهميته | • النمو والتئام الجروح وتعويض الأنسجة الممزقة أو المقطوعة حيث يكون عدد الصبغيات في الخلايا الجديدة مماثلاً لعدد الصبغيات في الخلايا الأصلية (٢ن).<br>• إتمام معظم صور التكاثر اللاجنسي. | • اختزال عدد الصبغيات إلى النصف أثناء تكوين الأمشاج (ن) وعند اندماج المشيج المذكر (ن) مع المشيج المؤنث (ن) يعود العدد الأصلي للصبغيات (٢ن).<br>• إتمام معظم صور التكاثر الجنسي. |
| نتائج الانقسام | خليتين بكل منهما نفس عدد الصبغيات سواء (ن) أو (٢ن). | أربع خلايا بكل منها نصف عدد الصبغيات (ن). |
| التوضيح بالرسم | | |
| نوع التكاثر | يعتمِد عليه التكاثر اللاجنسي غالبًا. | يعتمِد عليه التكاثر الجنسي غالبًا. |
| التنوع الوراثي | يحافظ على الثبات الوراثي. | يحقق التنوع الوراثي (ظاهرة العبور). |
| كمية المادة الوراثية | كمية المادة الوراثية / انقسام ميتوزي / الأفراد / الفرد الأبوي / الأبناء | كمية المادة الوراثية / انقسام ميوزي / الأفراد / الفرد الأبوي / الأبناء |

الفصل 3

الـدرس الأول

# طرق التكاثر في الكائنات الحية

- تعتمد جميع المخلوقات على مصادر متنوعة تمدها بالطاقة اللازمة لحياتها؛ لكي تبقى على هذه الأرض إلى أجل محدد وتنتهي حياتها بالموت الحتمي.
- تبدأ جميع الأحياء حياتها بالسعي المتواصل نحو تأمين بقائها كأفراد وتوفير الطاقة اللازمة لنموها حتى مرحلة معينة من خلال القيام بالوظائف الحيوية المختلفة كالتغذية والتنفس والإخراج والإحساس لكي تنجح في حياتها المحدودة على الأرض ثم تسعى لتأمين بقاء أنواعها بالتكاثر فتوجه له معظم طاقاتها وسلوكها.

**التكاثر**

عملية حيوية يقوم بها الكائن الحي بعد أن يصل إلى حد معين من النمو بغرض الحفاظ على النوع وحمايته من الانقراض وزيادة أعداده.

**- أوجه الاختلاف بين التكاثر وباقي الوظائف الحيوية:**

| | عملية التكاثر | باقي الوظائف الحيوية |
|---|---|---|
| الأهمية | تؤمن استمرار الأنواع على الأرض بعد فناء الأفراد ولو تعطلت عملية التكاثر بشكل جماعي سيؤدي ذلك إلى انقراض النوع من الوجود. | • ضرورية لاستمرار حياة الفرد.<br>• تؤمن بقاء الأفراد. |
| نتيجة التوقف (بالنسبة للفرد) | لا يهلك الفرد حتى لو أزيلت أعضاء التكاثر. | يهلك الفرد بسرعة. |
| توقيت الحدوث | بعد الوصول إلى حد معين من النمو يوجه الفرد لها معظم طاقته وسلوكه. | منذ بدء حياة الفرد وذلك لتوفير الطاقة اللازمة لاستمرار حياته. |

- ويتضح مما سبق أن وظيفة التكاثر أقل أهمية من الوظائف الحيوية الأخرى لحياة الفرد؛ لأن:

1. التكاثر لا يؤثر على استمرارية حياة الفرد.
2. الفرد لا يهلك حتى لو أزيلت أعضاء تكاثره حيث تعتمد عملية التكاثر على تأمين جميع الوظائف الحيوية الأخرى للكائن الحي وليس العكس.

**قدرات التكاثر بين الكائنات الحية** تختلف قدرات التكاثر من كائن حي لآخر حسب عوامل متعددة منها :

**1 طبيعة حياة الكائن الحي وحجم المخاطر التي يتعرض لها**

مثال: الأحياء الطفيلية كالديدان تنتج نسلًا أكثر مما تنتجه الكائنات الحرة كالإنسان؛ لتعويض الفاقد منها لكثرة المخاطر التي تتعرض لها وضمان بقاء النوع.

**2 البيئة المحيطة**

مثال: الأحياء المائية تنتج نسلًا أكثر مما تنتجه أقرانها على اليابسة؛ لتعويض الفاقد منها لكثرة مخاطر البيئة البحرية وضمان بقاء النوع.

### ٣ درجة رقي الكائن الحي

مثال: الأحياء البدائية تنتج نسلاً أكثر مما تنتجه الأحياء المتقدمة؛ وذلك لما تلقاه الأحياء المتقدمة من رعاية وحماية من الآباء.

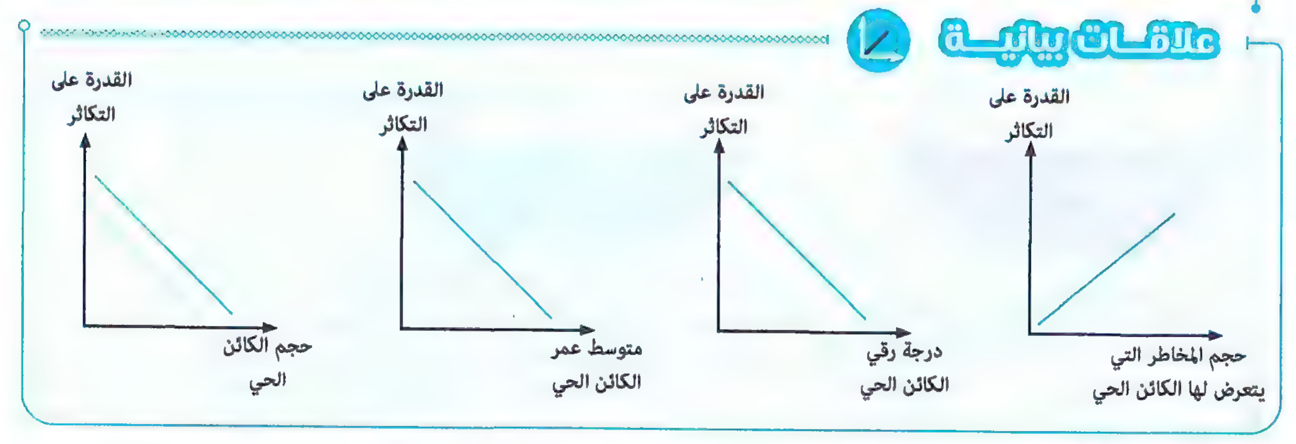
### ٤ طول عمر الكائن الحي

مثال: الأحياء قصيرة العمر تنتج نسلاً أكثر مما تنتجه الأحياء طويلة العمر؛ وذلك لما تلقاه الأحياء طويلة العمر من رعاية وحماية من الآباء.

### ٥ حجم الكائن الحي

مثال: الكائنات صغيرة الحجم كالفأر غالبًا تنتج نسلًا أكثر مما تنتجه الكائنات كبيرة الحجم كالفيل.

## علاقات بيانية



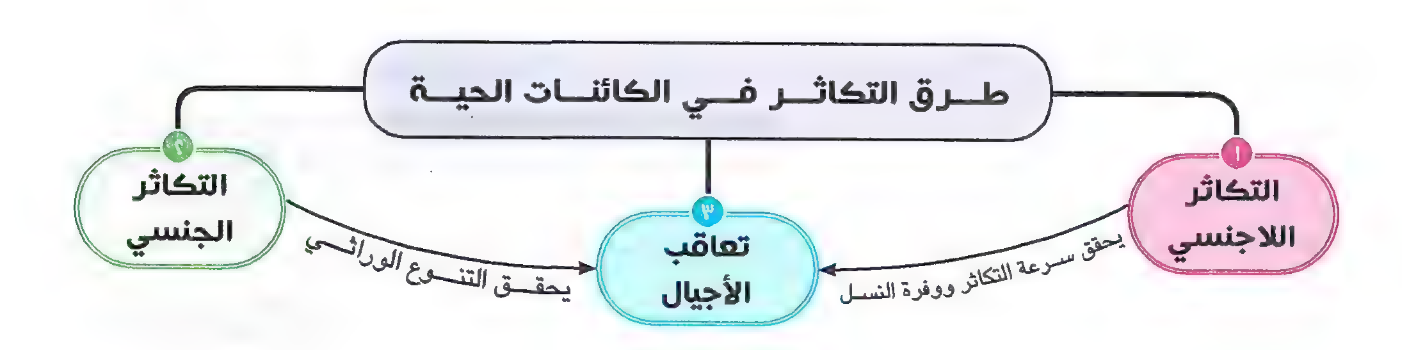

- ويتضح مما سبق أن الأنواع والأفراد التي نراها حولنا في الوقت الحاضر إنما تعبر عن نجاح أسلافها في:

١ إتمام عملية التكاثر بطريقة صحيحة.

٢ تخطي المصاعب التي واجهتها عبر الأجيال المتلاحقة.

بعكس العديد من الكائنات المنقرضة التي لم تنجح في الاستمرار حتى الآن.

مثال: الديناصورات وغيرها من الزواحف العملاقة التي لم يستمر تكاثرها، وأصبحت في سجل التاريخ الجيولوجي ومثلها الكثير في عالم الحيوان والنبات.










## مقارنة بين التكاثر الجنسي والتكاثر اللاجنسي

| | التكاثر اللاجنسي | التكاثر الجنسي |
|---|---|---|
| عدد الأفراد | يتم من خلال فرد واحد. | يتم من خلال فردين مختلفين في الجنس (ذكر وأنثى) أو فرد خنثى. |
| كيفية الحدوث | يتم بانفصال جزء من الجسم سواء خلية جرثومية أو مجموعة خلايا أو أنسجة ونموها إلى فرد كامل. | • يتم باندماج المشيج المذكر مع المشيج المؤنث المناسب لنوعه كما في الإنسان.<br>• يتم باندماج خليتين جسديتين كما في الإسبيروجيرا. |
| عدد النسل الناتج | وفرة النسل. | محدود. |
| نوع الانقسام | يعتمد على الانقسام الميتوزي (غالبًا). | يعتمد على الانقسام الميوزي في تكوين الأمشاج ثم الانقسام الميتوزي في النمو. |
| شكل الفرد الناتج | يشبه الفرد الأصلي في جميع صفاته حيث يتسلم المادة الوراثية من أب واحد. | يجمع بين صفات الأبوين حيث يتسلم المادة الوراثية من كلا الأبوين. |
| التباين الوراثي | يحافظ على ثبات الصفات الوراثية. | يوفر تجديدًا مستمرًا وتنوعًا في الصفات الوراثية للأجيال الناتجة. |
| مواجهة ظروف البيئة | الأفراد الناتجة أقل تكيفاً مع ظروف البيئة المتغيرة، فإذا حدث تغير في البيئة يتعرض معظم النسل الناتج للهلاك ما لم تكن الآباء قد تأقلمت مع ذلك التغير. | الأفراد الناتجة أكثر تكيفًا مع ظروف البيئة المتغيرة. |
| التكلفة | • غير مكلف في الوقت والطاقة.<br>• غير مكلف بيولوجيًا حيث تكون جميع الأفراد قادرة على إنتاج أفراد جديدة. | • مكلف في الوقت والطاقة.<br>• مكلف بيولوجيًا حيث يقتصر الإنجاب على نصف عدد الأفراد فقط وهو الإناث. |
| الصور | الانشطار الثنائي - التبرعم - التجدد - التكاثر بالجراثيم - التوالد البكري - زراعة الأنسجة. | الاقتران - التكاثر بالأمشاج الجنسية. |
| الشيوع | • شائع في عالم النبات.<br>• يقتصر وجودها على بعض الأنواع البدائية في عالم الحيوان. | • شائع في معظم النباتات.<br>• شائع في معظم الحيوانات الراقية. |

### ملحوظات

• علل: التكاثر الجنسي مكلف في الوقت والطاقة عن التكاثر اللاجنسي.

• لأنه يتم عادة بعد مدة معينة من عمر الكائن الحي ويتطلب أحيانًا إعدادًا خاصًا من الأبوين قبل التزاوج (منزل - عش - جحر).
• قد يتبادل الأبوان حراسة البيض ورعاية الأبناء حتى تكبر.
• بعض الأنواع تتحمل مشقة كبيرة عند الاحتفاظ بالأجنة في بطونها حتى تتكون وتولد وذلك في سبيل حماية أبنائها.
• قد تبقى الأبناء مع آبائها في حياة اجتماعية من أجل المزيد من الحماية وتعلم الكثير من السلوك.

## أولاً التكاثـــر اللاجنســـي Asexual Reproduction




### أ الانشـــطار الثنائـــي Binary Fission

أبسط صور التكاثر اللاجنسي

✪ **تتكاثر بواسطته:**

- كثير من الأوليات الحيوانية، كالأميبا والبراميسيوم .
- الطحالب البسيطة.
- البكتريا.

✪ **كيفية حدوثه:**

**١ في الظروف المناسبة** حرارة معتدلة - مياه صافية ونقية.. إلخ.

١ تنقسم النواة ميتوزيًا إلى نواتين.

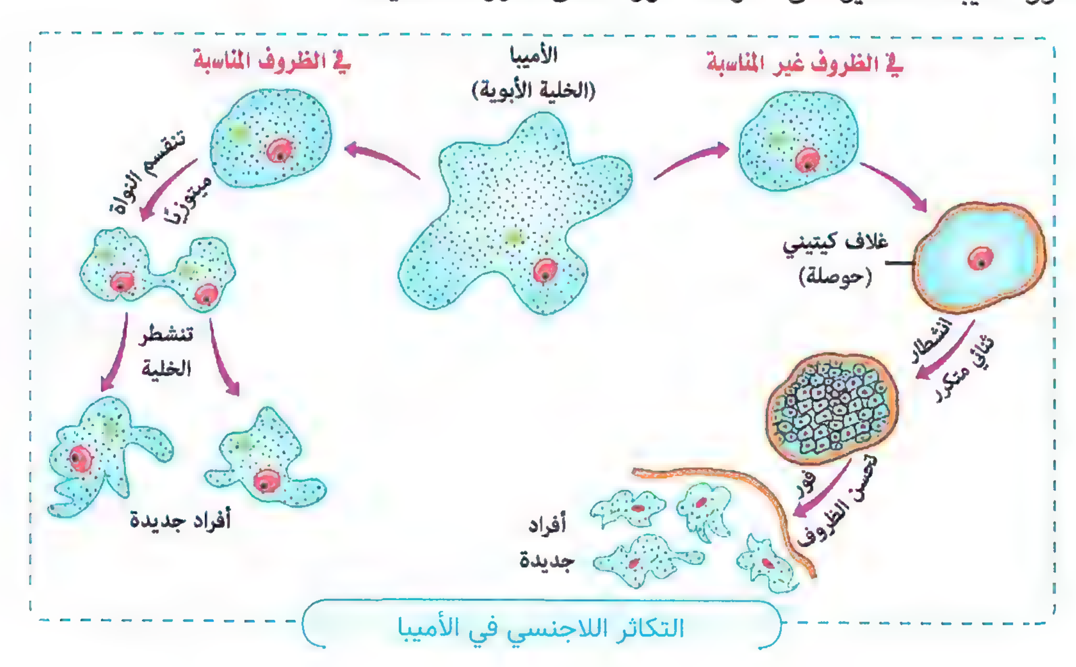
٢ تنشـطر الخليـة (التـي تمثل جسـم الكائن الحي) إلـى خليتين متماثلتين فـي الحجم فيصبح كل منهما فـردًا جديدًا.

**٢ في الظروف غير المناسبة** تغير درجة الحرارة - الجفاف - تغير الملوحة - تغير نقاوة الماء - تغير الـPH إلخ.

١ تفرز الأميبا حول نفسها غلافًا كيتينيًا (حوصلة)؛ لحمايتها من الظروف غير المناسبة.

٢ تنقســم الأميبــا داخــل الغــلاف بالانشــطار الثنائــي المتكــرر (انقســام ميتــوزي)؛ لتنتــج عــددًا كبيــرًا مــن الأميبــات الصغيــرة.

٣ تتحرر الأميبات الصغيرة من الحوصلة فور تحسن الظروف المحيطة.




التكاثر اللاجنسي في الأميبا






## تطبيقات

• إذا انقسمت خلية أميبا في ظروف غير مناسبة داخل الغلاف الكيتيني عدة مرات متتالية، فإن:

– عدد الأميبات المتحررة من الحوصلة فور تحسن الظروف المحيطة = ٢^عدد الانقسامات.

– عدد الانقسامات = الزمن الكلي للتحوصل ÷ زمن الانقسام الواحد

## مثال

• أجريت تجربة معملية على الأميبا لدراسة قدرتها على التكيف مع ظروف البيئة تم فيها تعريض أحد أفراد الأميبا للجفاف لمدة ثلاث دقائق، فإذا علمت أن زمن الانشطار الواحد في الأميبا ٣٠ ثانية.
احسب عدد الأميبات الصغيرة المتحررة من الحوصلة فور إضافة الماء إليها.

الإجابة: عدد الانقسامات = الزمن الكلي للتحوصل ÷ زمن الانقسام الواحد = (٦٠ × ٣٠) ÷ ٣٠ = ٦

عدد الأميبات المتحررة من الحوصلة = ٢^عدد الانقسامات

= ٢^٦ = ٦٤ أميبا

## ٧ التبرعم Budding

✪ تتكاثر بواسطته:

– كائنات وحيدة الخلية مثل فطر الخميرة.

– كائنات عديدة الخلايا مثل الهيدرا والإسفنج وبعض النباتات.

✪ كيفية حدوثه:

### ١ في الكائنات وحيدة الخلية معتدلة - مياه صافية ونقية.. إلخ.

١ ينشأ البرعم كبروز جانبي على الخلية الأم.

٢ تنقسم النواة ميتوزيًا إلى نواتين تبقى إحداهما في الخلية الأم وتهاجر الثانية نحو البرعم.

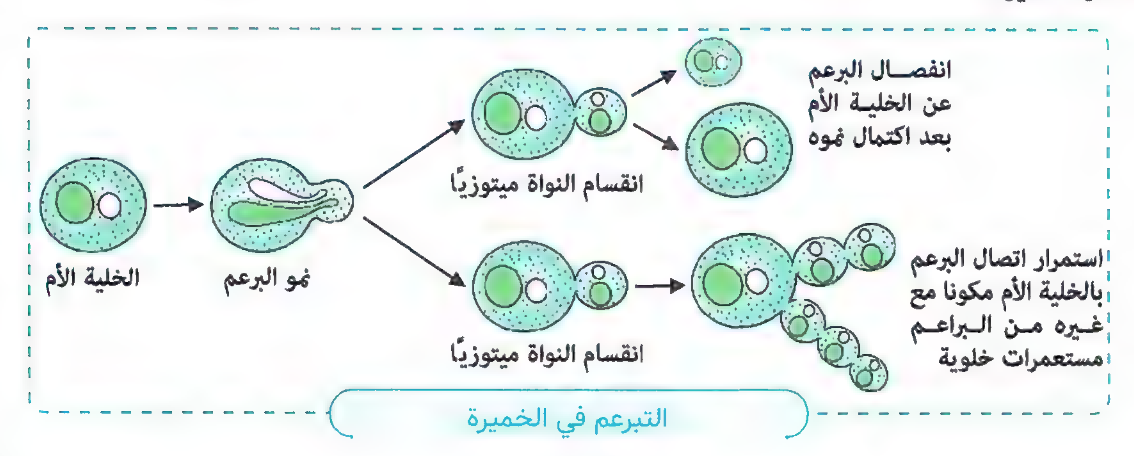
٣ ينمو البرعم تدريجيًا ثم قد:

• يبقى متصلاً بالخلية الأم حتى يكتمل نموه ثم ينفصل عنها.

-أو-

• يستمر في اتصاله بالخلية الأم مكونًا مع غيره من البراعم النامية ما يعرف بـ "مستعمرات خلوية"

مثال: فطر الخميرة.




التبرعم في الخميرة

## ٢ في الكائنات عديدة الخلايا

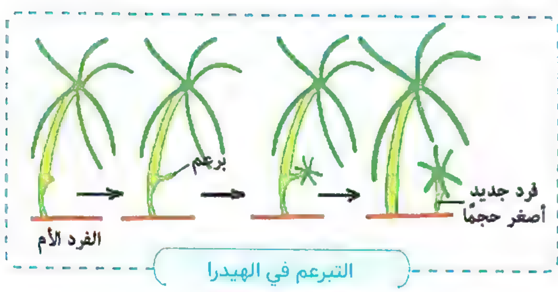
١ ينشأ البرعم كبروز جانبي على الخلية الأم.

٢ تنقسم الخلايا البينية ميتوزيًا في الكائن الحي وتتمايز إلى برعم.

٣ ينمو البرعم تدريجيًا ليشبه الأم تمامًا ثم ينفصل عنها ليبدأ حياته مستقلاً.

**مثال:**

– الهيدرا. – الإسفنج.



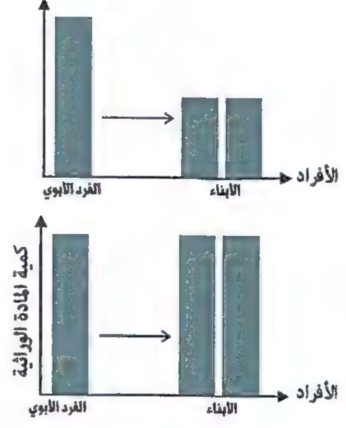
التبرعم في الهيدرا

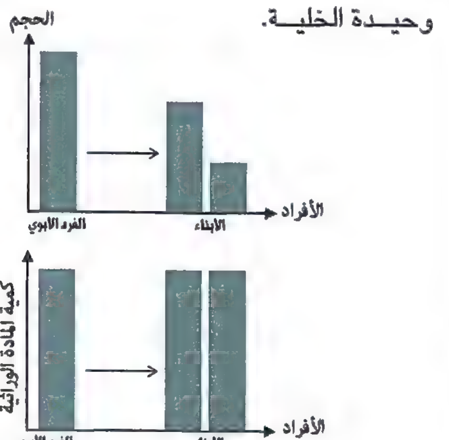
**ملحوظات**

• الإسفنج والهيدرا يتكاثران جنسيًا إلى جانب قدرتهما على التكاثر اللاجنسي بالتبرعم والتجدد أيضًا.


- ويتضح مما سبق أن الانشطار الثنائي يختلف عن التبرعم كالتالي:

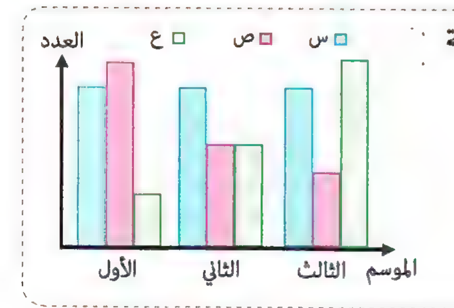
| الانشطار الثنائي | التبرعم |
|---|---|
| – يحدث في الكائنات وحيدة الخلية فقط. | – يحدث في بعض الكائنات الحية وحيدة الخلية والكائنات متعددة الخلايا. |
| – الفرد الأبوي يتلاشى بالانشطار. | – الفرد الأبوي يظل موجودًا بعد حدوث التبرعم. |
| – حجم الأفراد الناتجة عنه متساوٍ. | – حجم الأفراد الناتجة عنه غير متساوٍ. |
| – يصاحبه حدوث انقسام للنواة ثُم انقسام للسيتوبلازم. | – يصاحبه حدوث تمدد للسيتوبلازم ثُم انقسام للنواة. |
| – قد يحدث في الظروف المناسبة أو غير المناسبة. | – يحدث في الظروف المناسبة فقط. |
| – تظهر فيه ظاهرة التحوصل في الظروف غير المناسبة. | – يظهر فيه تكوين مستعمرات خلوية في الكائنات وحيدة الخلية. |




### أسئلة الأداء الذاتي:

١ في دراسة لأعداد ثلاثة أنواع من الكائنات الحية خلال ثلاثة مواسم تزاوج متتالية بأحد الأنظمة البيئية تم الحصول على النتائج الممثلة بالجدول التالي:
أي البدائل التالية صحيحة بالنسبة للأنواع الثلاثة ؟




(أ) الظروف البيئية غير مناسبة لاستمرار بقاء النوع (ع)
(ب) الظروف البيئية غير مناسبة لاستمرار بقاء النوع (ص)
(ج) الظروف البيئية غير مناسبة لاستمرار بقاء النوعين (س ، ع)
(د) الظروف البيئية مناسبة لاستمرار النوعين (س ، ص) أكثر من النوع (ع)

٢ أي الأشكال التالية يوضح صورة التكاثر السائدة في الأميبا بشكل أدق ؟

Ⓐ أ  Ⓑ ب  Ⓒ ج  Ⓓ د

٣ أي مما يلي يمثل الكائنات (س ، ص ، ع) في الشكل التالي على الترتيب ؟

(س) (ص) (ع)

ⓐ يوجلينا، خميرة، أميبا
ⓑ بلازموديوم، براميسيوم، يوجلينا
ⓒ خميرة، براميسيوم، بكتيريا
ⓓ يوجلينا، براميسيوم، أميبا

٤ أي الأشكال البيانية التالية تعبر عن نواتج التكاثر اللاجنسي في بكتيريا اللاكتوبسيلاي المنتشرة في مهبل أنثى الإنسان ؟

الحجم — الفرد الأبوي — الأبناء

أ  ب  ج  د

٥ أي الأشكال التالية لا يمكن أن تعبر عن تبرعم أحد فطريات الخميرة في وسط ملائم للنمو ؟

أ  ب  ج  د

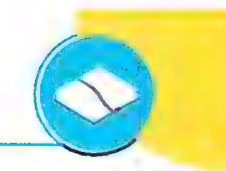
## ج التجدد Regeneration

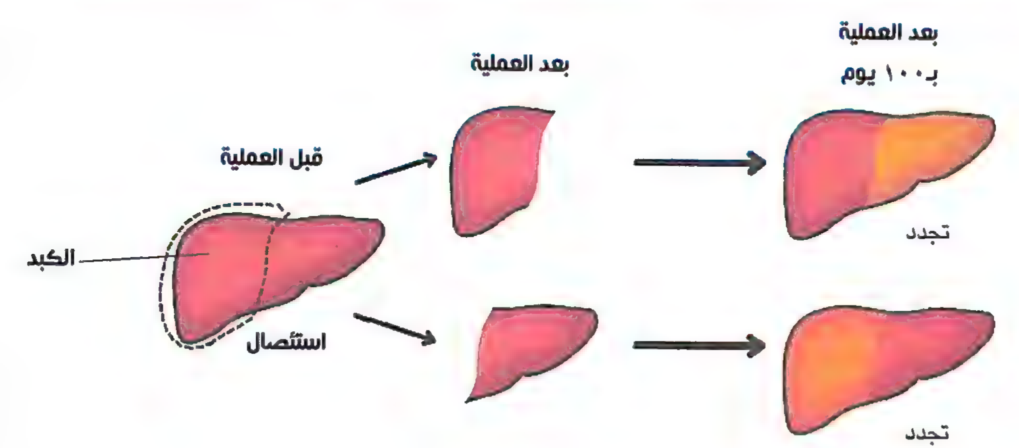
✪ تشيع هذه الطريقة بهدف التكاثر والحفاظ على النوع من الانقراض في:

- كثير من النباتات.
- بعض الديدان المفلطحة التي تعيش في الماء العذب كدودة البلاناريا.
- بعض الحيوانات كالهيدرا والإسفنج ونجم البحر.

✪ لا يعتبر التجدد تكاثر في بعض الكائنات لأنه يقتصر على تعويض الأجزاء المفقودة من الجسم عند التعرض لحادث أو تمزق في الأنسجة.





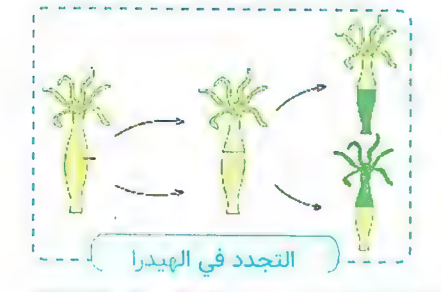

✪ تقل القدرة على التجدد برقي الكائن الحي حيث إنه في:

- بعض القشريات (كالجمبري) والبرمائيات (كالضفدع والسلمندر): يقتصر التجدد على استعاضة الأجزاء المبتورة فقط.
- الفقاريات العليا: يقتصر التجدد على التئام الجروح وخاصةً إذا كانت محدودة في الجلد والأوعية الدموية والعضلات.

✪ يتكاثر بالتجدد بعض الحيوانات، عندما يقطع الجسم إلى عدة أجزاء فينمو كل جزء منها إلى فرد كامل مستقل. مثل:

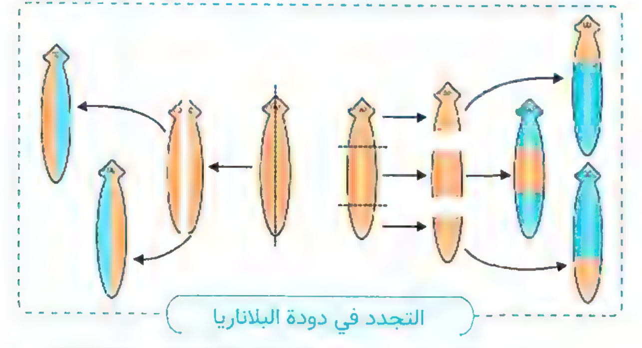
**١ الهيدرا**

إذا قطعت لعدة أجزاء في مستوى عرضي ينمو كل جزء إلى فرد كامل مستقل.


التجدد في الهيدرا

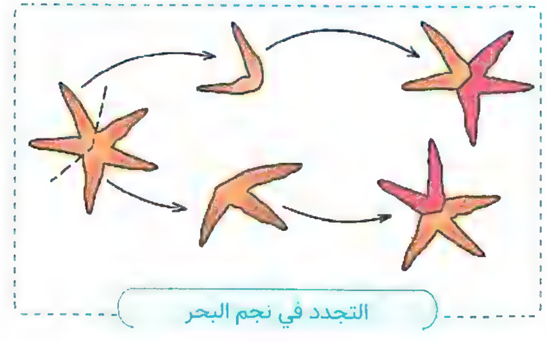
**٢ دودة البلاناريا**

إذ قطعت لعدة أجزاء في مستوى عرضي أو إلى جزئين طوليًا ينمو كل جزء إلى فرد كامل مستقل.


التجدد في دودة البلاناريا

**٣ نجم البحر**

إذا قطع أحد أذرع نجم البحر الخمسة مع قطعة من قرصه الوسطي ينمو إلى فرد كامل مستقل في فترة وجيزة.


التجدد في نجم البحر

## فسر ؟!

• قد يتم قطع أحد أذرع نجم البحر ومع ذلك لا يتكون فرد جديد.

لعـدم احتواء الجـزء المقطوع لنجـم البحر على قطعـة من القرص الوسـطي حيث يشـترط لتكاثر نجم البحر لاجنسـيًا بالتجـدد أن يحتوي الـذراع المقطوع علـى جزء من القرص الوسـطي حتـى ينمو إلى فرد كامل مسـتقل.

• يحرص مربو محار اللؤلؤ على حرق نجوم البحر التي يجدونها على الشاطئ.

لأن هـذا النـوع من نجوم البحر يشـكل خطـرًا على محـار اللؤلؤ إذ يسـتطيع النجم الواحـد أن يفترس حوالي عشـر محـارات يوميًا بمـا تحمله من لؤلؤ بيـن ثناياها، لذا لجأ مربـو المحار إلى حرق نجـوم البحر بعد معرفتهـم أن تمزيقها يعمـل علـى تكاثرها حيث إن أحـد أذرع نجم البحـر إذا قطع مع قطعـة من قرصه الوسـطي يمكن أن يتجـدد إلى نجم بحر كامـل في فترة زمنيـة وجيزة.

### سؤال:

• أجريت تجربـة على أحـد نجـوم البحـر لدراسـة قدرتـه على التجـدد تم فيها قطـع نجم البحـر كمـا هـو موضـح بالشـكل ثـم وضعـه في حـوض بـه كمية من مياه البحـر الأحمر وبعض الغـذاء لفتـرة زمنيـة، فكـم يكون عـدد الأفـراد الناتجـة من هـذه التجربـة ؟

Ⓐ ٣     Ⓑ ٤

Ⓒ ٥     Ⓓ ٦



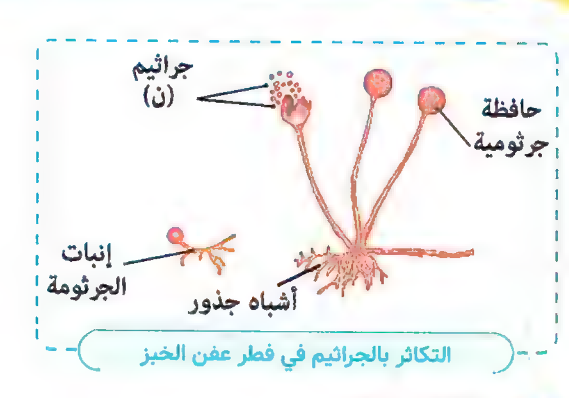
الإجابة: (ب) ٤

بسـبب احتـواء ثلاثـة أذرع فقـط علـى قطعـة مـن القـرص الوسـطي تمكنهـا مـن التجـدد واسـتعادة باقـي الجسـم بالإضافـة إلـى نمـو القـرص الوسـطي نفسـه إلـى فـرد جديـد بينمـا باقـي الأذرع لا تحتـوي علـى قطعـة مـن القـرص الوسـطي فتفقـد قدرتهـا علـى التجـدد.

## د التكاثـر بالجراثيـم Sporogony

| كائنات تتكاثر بالجراثيم | كيفية حدوث التكاثر بالجراثيم |
| --- | --- |
| ١ بعض النباتات البدائية.<br>٢ كثير من الفطريات (عفن الخبز وعيش الغراب).<br>٣ بعض الطحالب والسراخس. | يتم من خلال خلية وحيدة (تسمى الجرثومة) متحورة للنمو مباشرة إلى فرد كامل عندما تتواجد في وسط غذائي مناسب للنمو (رطب ودرجة حرارة مناسبة) وتتركب الجرثومة من سيتوبلازم به كمية ضئيلة من الماء ونواة تحاط بجدار سميك. |

| مراحل التكاثر بالجراثيم | مميزات التكاثر بالجراثيم |
| --- | --- |
| ١ تتحرر الجرثومة من الحوافظ الجرثومية بعد نضجها وتنتشر في الهواء.<br>٢ تمتص الجرثومة الماء ويتشقق جدارها عند وصولها لوسط ملائم للنمو.<br>٣ تنقسم الجرثومة عدة مرات ميتوزيًا حتى تنمو إلى فرد جديد (انقسام مشروط). | ١ سرعة الإنتاج فينتج فطر واحد من عيش الغراب حوالي ثلاثة مليار جرثومة في دورة حياته.<br>٢ تحمل الظروف القاسية؛ بسبب وجود جدار سميك للجرثومة.<br>٣ الانتشار إلى مسافات بعيدة بسبب خفة وزنها. |



التكاثر بالجراثيم في فطر عفن الخبز



التكاثر بالجراثيم في عيش الغراب

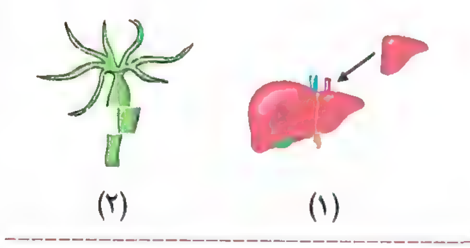
## ملحوظات

- تنتج جراثيم فطر عفن الخبز وعيش الغراب بـ الانقسام الميتوزي.
- يتواجد فطر عفن الخبز في مختلف البيئات؛ لأنه من الكائنات التي تتكاثر لاجنسيًا بالجراثيم التي تتميز بسرعة التكاثر والانتشار لمسافات بعيدة ويتحمل الظروف القاسية بفضل الجدار السميك المحيط بالجراثيم.
- يمكن حفظ الخبز من العفن بوضعه في مكان جاف أو بارد؛ لأنه يلزم لإنبات جراثيم عفن الخبز أن تسقط على تربة رطبة حتى تمتص الماء ويتشقق جدارها ثم تنقسم ميتوزيًا عدة مرات لإنتاج أفراد جديدة ولا يمكن أن تتم عملية الإنبات في وسط جاف لا يحتوي على الماء وبذلك يتم الحفاظ على الخبز من العفن.

## أسئلة الأداء الذاتي:

**٦** بعد دراسة الشكلين التاليين أجب:

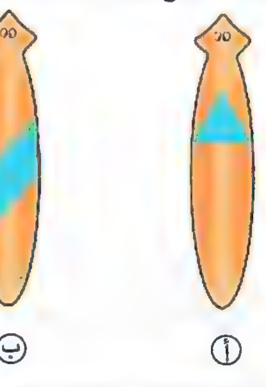
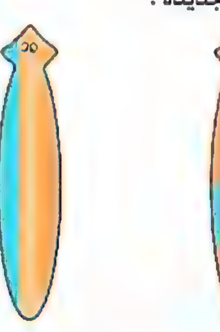
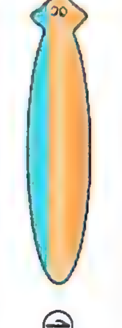
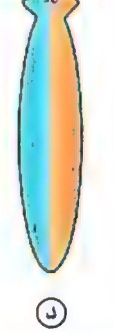
ما الاختلاف في الإنقسام بين الشكلين (١)، (٢) ؟



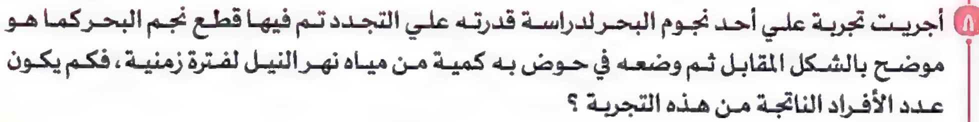

Ⓐ الغرض من الإنقسام
Ⓑ عدد الخلايا الناتجة
Ⓒ نوع الإنقسام
Ⓓ عدد المجموعات الصبغة في الخلايا الناتجة



**٧** أي الأشكال التالية لا ينتج عنها أفراد بلاناريا جديدة ؟

(أ) (ب) (ج) (د)



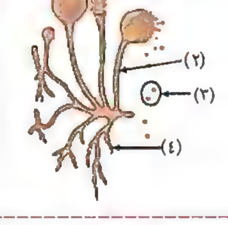
**٨** أجريت تجربة على أحد نجوم البحر لدراسة قدرته على التجدد تم فيها قطع نجم البحر كما هو موضح بالشكل المقابل ثم وضعه في حوض به كمية من مياه نهر النيل لفترة زمنية، فكم يكون عدد الأفراد الناتجة من هذه التجربة ؟



(أ) ٣ 
(ب) ٤ 
(ج) ٥
(د) لا توجد إجابة صحيحة

9 أي العبارات التالية لا تنطبق على الكائن الموضح بالشكل المقابل ؟

Ⓐ الأجزاء ٣، ٤ تمتص الرطوبة من الوسط بهدف النمو
Ⓑ يحدث انقسام ميتوزي في الجزء ٤
Ⓒ يمكن للجزء ٣ الانقسام ميوزيًا بعد الإنبات
Ⓓ زيادة الأجزاء ٢ تزيد من معدل انتشار الكائن في البيئات المختلفة




10 من الشكل المقابل : يتميز الانقسام الخلوي للخلايا (س) بأنه ..........

Ⓐ انقسام خلوي يحدث في الظروف المناسبة وغير المناسبة
Ⓑ انقسام نووي غير سيتوبلازمي يحدث في الظروف المناسبة
Ⓒ انقسام خلوي مشروط بتوافر البيئة الرطبة
Ⓓ انقسام خلوي يساعد على اختزال الصبغيات للنصف




## هـ التوالد البكري (العذري) Parthenogenesis

قدرة البويضة على النمو لتكوين فرد جديد بدون إخصاب من المشيج الذكري.

✪ **تتكاثر بواسطته:** العديد من:

• الديدان. • القشريات. • الحشرات وأشهرها نحل العسل وحشرة المن.

✪ **خصائصه:**

1. نوع خاص من التكاثر اللاجنسي حيث يتم إنتاج الأبناء فيه من فرد أبوي واحد فقط ينتج عن المشيج المؤنث.
2. مكلف بيولوجيًا حيث تقتصر عملية الإنجاب على نصف عدد أفراد النوع فقط وهي الإناث.
3. يحدث في المشيج المؤنث دون المشيج المذكر؛ لأن المشيج المؤنث يختزن الغذاء اللازم لحدوث الانقسامات المتتالية اللازمة لتكوين فرد جديد بينما المشيج المذكر لا يختزن الغذاء لأن السيتوبلازم به قليل حيث يفقد معظمه أثناء تكوينه وبالتالي لا يكون صالحًا للانقسامات اللازمة للنمو.

✪ **كيفية حدوثه:** يمكن أن يحدث طبيعيًا أو صناعيًا.

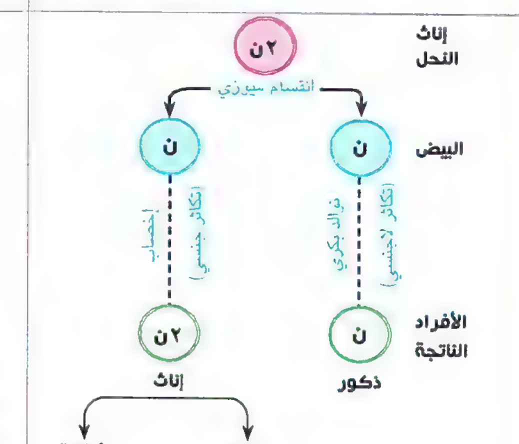
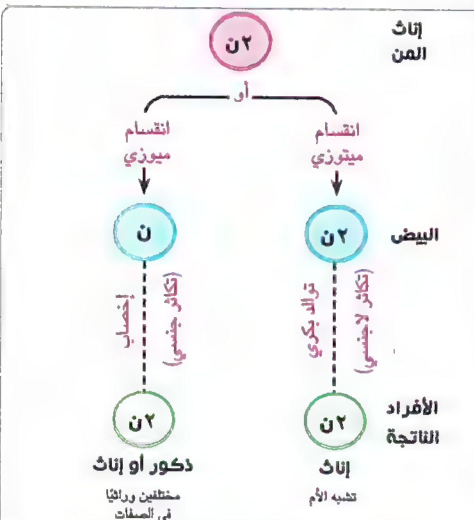
### 1 التوالد البكري الطبيعي

نمو البويضات طبيعيًا بدون إخصاب من المشيج الذكري لتكوين أفراد جديدة قد تكون أحادية المجموعة (ن) الصبغية أو ثنائية المجموعة الصبغية (٢ن).

✪ **من أمثلة الحشرات التي تتكاثر بالتوالد البكري الطبيعي:** ١) نحل العسل ٢) حشرة المن

**ويمكن المقارنة بينهما كالتالي :**

| | التكاثر في نحل العسل | التكاثر في حشرة المن |
|---|---|---|
| التكاثر اللاجنسي | تتكاثر لاجنسيًا بالتوالد البكري الطبيعي حيث تنتج الملكة بيضًا بالانقسام الميوزي (ن) وينمو بدون إخصاب من المشيج الذكري لتكوين ذكور أحادية المجموعة الصبغية (ن) فقط . | تتكاثر لاجنسيًا بالتوالد البكري الطبيعي حيث تنتج الإناث البويضات (٢ن) بالانقسام الميتوزي ينمو بدون إخصاب من المشيج الذكري لتكوين إناث ثنائية المجموعة الصبغية (٢ن) فقط. |

| | نحل العسل | النمل |
|---|---|---|
| التكاثر الجنسي | تتكاثر جنسيًا بالأمشاج حيث تنتج الملكة بيضًا بالانقسام الميوزي (ن) ينمو بعد الإخصاب لتكوين إناث فقط ملكة أو شغالات (وذلك حسب نوع الغذاء) ثنائية المجموعة الصبغية (٢ن). | تتكاثر جنسيًا بالأمشاج حيث تنتج الإناث البويضات (ن) بالانقسام الميوزي تنمو بعد الإخصاب من المشيج الذكري (ن) لتكوين ذكور أو إناث ثنائية المجموعة الصبغية (٢ن). |
| مخطط توضيحي |  |  |





- **ويتضح مما سبق** أن الفرق بين ملكة نحل العسل وشغالة نحل العسل، كالتالي:

| ملكة نحل العسل | شغالة نحل العسل |
|---|---|
| كلاهما إناث ثنائية المجموعة الصبغية (٢ن) تنتج من تكاثر جنسي بالأمشاج. | |
| أكبر حجما وأقل عددًا. | أصغر حجما وأكثر عددًا. |
| تنتج أمشاجها (ن) بالانقسام الميوزي للمناسل. | لا تنتج أمشاجًا. |
| • تتكاثر لا جنسيا بالتوالد البكري الطبيعي مكونة ذكور (ن) فقط.<br>• تتكاثر جنسيا بالأمشاج مكونة إناث (٢ن) فقط. | أنثى عقيمة غير ناضجة جنسيًا. |
| تعتمد في تغذيتها على غذاء الملكات الذي تفرزه الشغالات. | تعتمد في تغذيتها على رحيق الأزهار. |
|  |  |

**فسر ؟!**

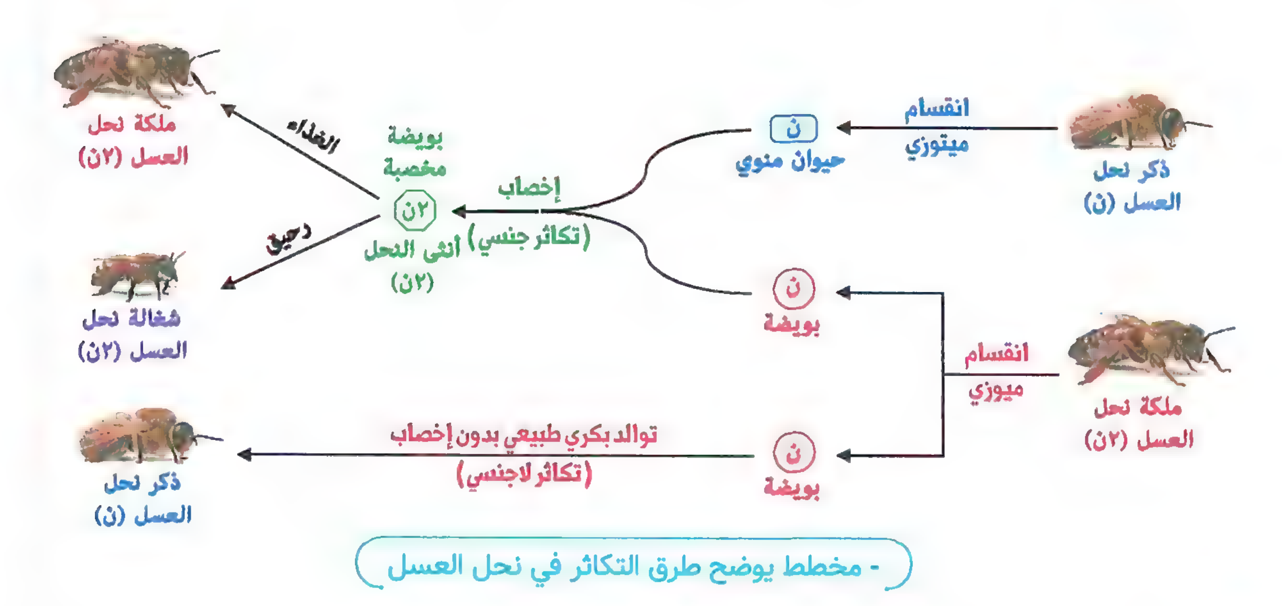
- **يختلف إنتاج الأمشاج في الذكور عن الإناث في حشرة نحل العسل.**

لأن ذكور نحل العسل أحادية المجموعة الصبغية (ن) فتنتج أمشاجًا أحادية المجموعة الصبغية (ن) بالانقسام الميتوزي، بينما الإناث ثنائية المجموعة الصبغية (٢ن) فتنتج أمشاجًا أحادية المجموعة الصبغية (ن) بالانقسام الميوزي.

## من أكون ؟!

- ذكر ينتج من نمو البويضات (ن) دون إخصاب.
- ذكر لا ينتج إلا إناث.
- ذكر ينتج بدون أب.
- ذكر ينتج أمشاجه بالانقسام الميتوزي.
- ذكر كل من خلاياه الجسدية والجنسية أحادية المجموعة الصبغية.

← ذكر نحل العسل. →



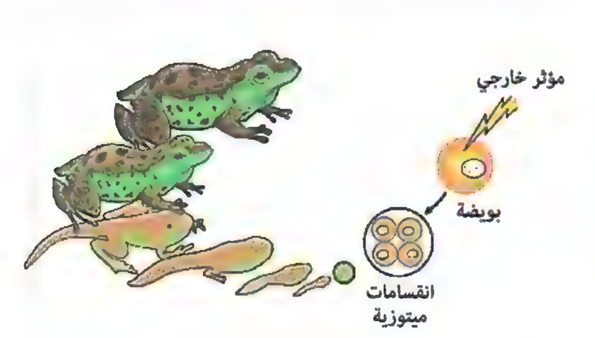

- مخطط يوضح طرق التكاثر في نحل العسل

### ٢ التوالد البكري الصناعي

تنشيط بويضات نجم البحر والضفدعة صناعيًا فتتضاعف صبغياتها بدون إخصاب مكونة أفرادًا تشبه الأم تمامًا.

**الأمثلة:** الضفدعة - نجم البحر - الأرانب.

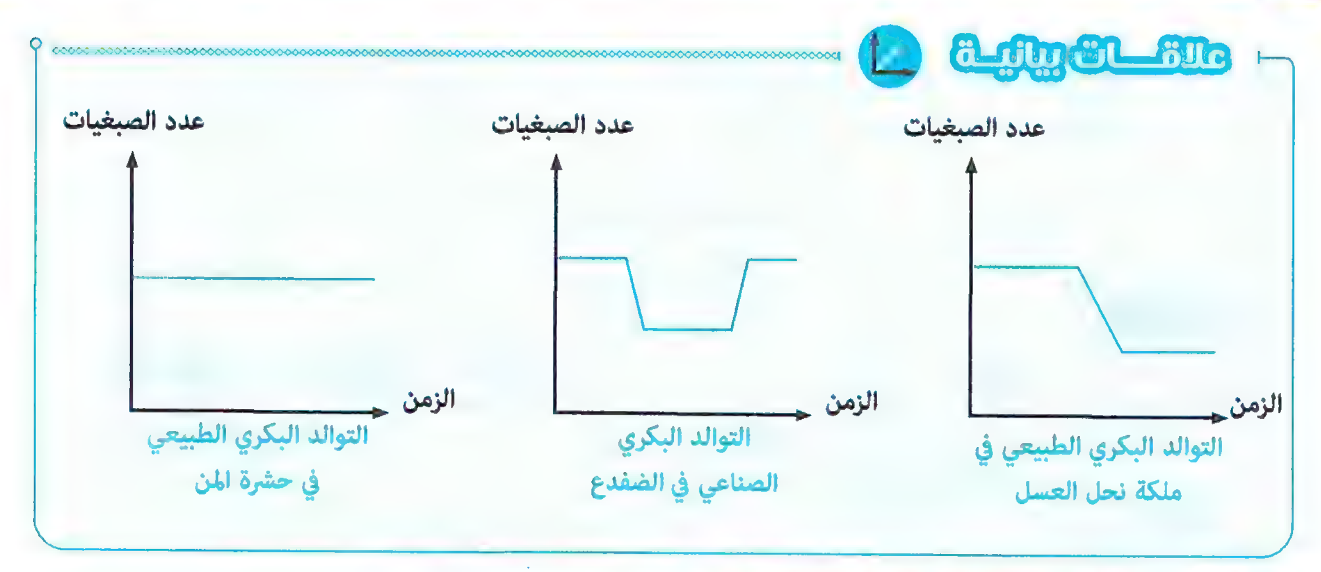
**آليته:** يتم تنشيط بويضات نجم البحر والضفدعة صناعيًا بواسطة تعريضها لصدمة حرارية أو كهربائية أو للإشعاع أو لبعض الأملاح أو للرج أو للوخز بالإبر فتتضاعف صبغياتها بدون إخصاب مكونة أفرادًا تشبه الأم (إناث) ثنائية المجموعة الصبغية (٢ن)، كما تكونت أجنة مبكرة من بويضات الأرانب باستخدام منشطات مماثلة.




#### ملحوظات

- يتكاثر نجم البحر لا جنسيًا وجنسيًا حيث:
- يضع بويضات بالانقسام الميوزي يتم إخصابها من الأمشاج المذكرة لتكوين أفراد جديدة ثنائية المجموعة الصبغية (تكاثر جنسي).
- يضع بيضًا يتم تنشيطه بواسطة تعريضه لصدمة حرارية أو كهربية أو إشعاع أو الوخز بالإبر أو الرج أو وضعها في محلول ملحي فتتضاعف الصبغيات دون إخصاب مكونة أفراد ثنائية المجموعة الصبغية (٢ن) تشبه الأم (تكاثر لاجنسي بالتوالد البكري الصناعي).
- إذا تم قطع أحد أذرعه مع قطعة من القرص الوسطي ينمو كل ذراع إلى فرد جديد كامل مستقل (تكاثر لاجنسي بالتجدد).

## علاقـــات بيانيـة




## هـ زراعـة الأنسـجة Tissues Culture

إنمـاء نسـيج حـي تحتـوي خلايـاه علـى المعلومـات الوراثيـة الكاملـة فـي وسـط غذائـي شـبه طبيعـي ثـم متابعـة تميـز أنسـجتها وتقدمهـا نحـو إنتـاج أفـراد كاملـة.

✪ **الأسـاس العلمـي لزراعـة الأنسـجة النباتيـة:** الخليـة النباتيـة المحتويـة علـى المعلومـات الوراثيـة الكاملـة يمكنهـا أن تصبـح نباتًـا كامـلًا إذا زرعـت فـي وسـط غذائـي مناسـب يحتـوي علـى الهرمونـات النباتيـة بنسـب معينـة كمـا فـي نبـات الجـزر ونبـات الطبـاق.

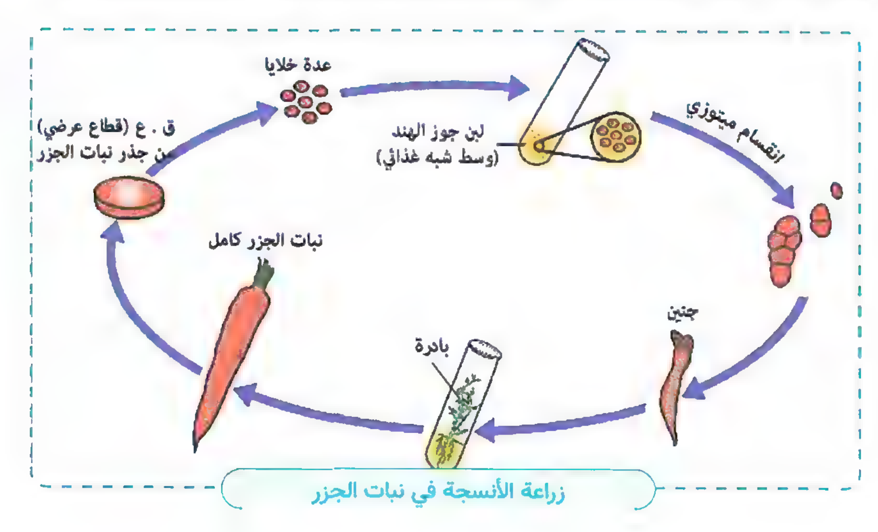
✪ **ويتضح مما سبق أنه يشترط لإنتاج نبات كامل ما يلي:**

- خلية تحتوي على المعلومات الوراثية الكاملة (٢ن)، مثل: الجذر - الساق - الأوراق.
- وسط غذائي يحتوي على هرمونات نباتية وعناصر غذائية، مثل: لبن جوز الهند.

### ١ تجربة على نبات الجزر

١ تـم فصـل أجـزاء صغيـرة مـن جـذر نبـات الجـزر فـي أنابيـب زجاجيـة تحتـوي علـى لبـن جـوز الهنـد (الـذي يحتـوي علـى جميـع الهرمونـات النباتيـة والعناصـر الغذائيـة اللازمـة لنمـو النبـات) فبـدأت فـي النمـو والتمايـز إلـى نبـات جـزر كامل.

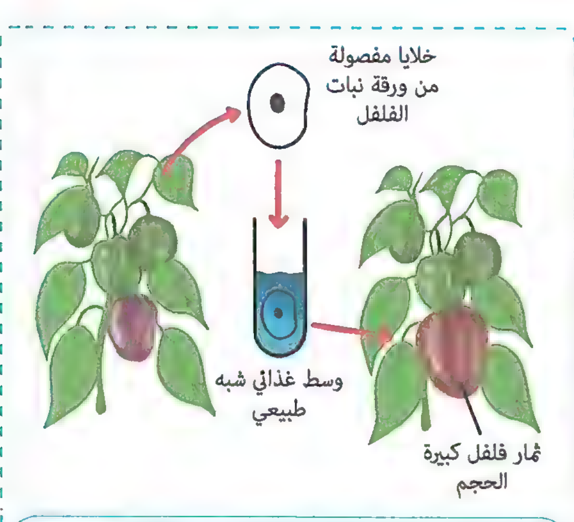
٢ تم فصـــل خلايـا منفـردة من نفس أنسجة النبات وزراعتها بنفس الطريقة للحصول على نبات كامل.



زراعة الأنسجة في نبات الجزر

## ٢ تجربة على نبات الطباق

تم فصـــل خلايـــا مـن أوراق الطبـاق وزراعتها بنفس الطريقة السـابقة فأمكن الحصـول علـى نبـات طبـاق كامل.



استخدام تقنية زراعة الأنسجة لحل مشكلة نقص الغذاء

### أهمية زراعة الأنسجة

١ إكثـار نباتـات نـادرة أو ذات سـلالات ممتـازة أو أكثـر مقاومـة للأمـراض.

٢ اختصـار الوقـت الـلازم لنمـو المحاصيـل المنتجـة وإكثارهـا.

٣ تقدم حلولًا لمشاكل الغذاء بشكل عام.

٤ التحكـم فـي ميعـاد زراعـة الأنسـجة حيـث أمكـن حفظ الأنســجة المختــارة للزراعــة فــي نيتروجيــن ســائل (درجــة حرارتــه تصــل إلــي -١٢٠ درجــة مئويــة) لتبريدهــا لمــدة طويلــة للإبقــاء علــى حيويتهــا لحيــن زراعتهــا.

## اذكر مثالًا له؟

- خلية جسمية تحولت لفرد كامل مباشرة.
  نبات الجزر ونبات الطباق (زراعة الأنسجة).

- خلية جنسية تحولت لفرد كامل مباشرة.
  التوالد البكري الصناعي.

### ماذا يحدث عند زراعة؟

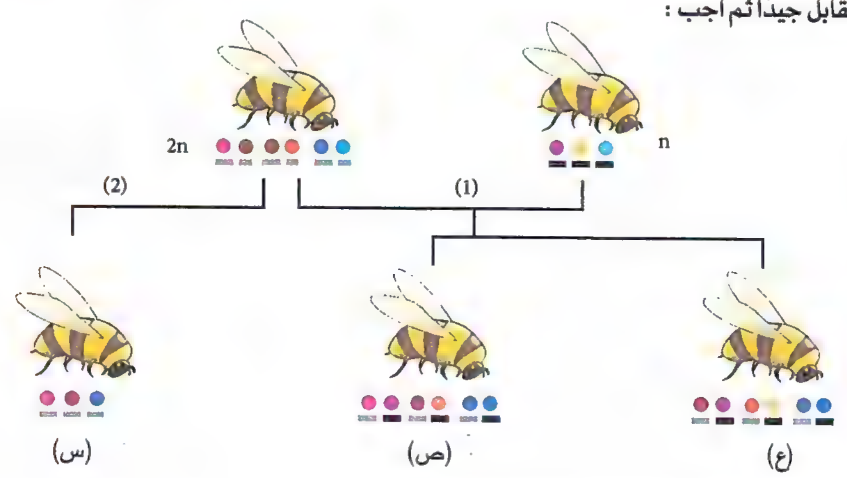
| | |
|---|---|
| ١ حبة لقاح خاصة بزهرة نبات الفول في لبن جوز الهند | لـن تنمـو إلـى نبـات كامـل؛ لعـدم احتـواء حبـة اللقـاح علـى المعلومـات الوراثيـة الكاملـة اللازمـة للنمـو. |
| ٢ بذرة خاصة بنبات الفول في لبن جوز الهند | تنمـو إلـى نبـات كامـل؛ لاحتـواء البـذرة علـى المعلومـات الوراثيـة الكاملـة اللازمـة للنمـو. |
| ٣ ورقـة نبـات الفـول فـي تربـة رطبـة أو مـاء | لـن تنمـو إلـى نبـات كامـل؛ لعـدم احتـواء التربـة الرطبـة أو المـاء علـى الهرمونـات النباتيـة والعناصـر الغذائيـة اللازمـة لنمـو النبـات. |
| ٤ ورقة نبات الفول في لبن بقري | لـن تنمـو إلـى نبـات كامـل؛ لعـدم احتـواء اللبـن البقـري علـى الهرمونـات النباتيـة والعناصـر الغذائيـة اللازمـة لنمـو النبـات. |
| ٥ بذرة نبات الفول في تربة رطبة أو ماء | تنمـو إلـى نبـات كامـل؛ لإحتـواء البـذرة علـى الأوكسـينات واحتـواء التربـة علـى العناصـر الغذائيـة اللازمـة لنمـو النبـات. |

### أسئلة الأداء الذاتي:

١١ جميع الحالات التالية يصاحبها تكوين أفراد جديدة ماعدا ..........

Ⓐ زراعة بذرة نبات الفول في لبن جوز الهند
Ⓑ زراعة بذرة نبات الفول في تربة رطبة
Ⓒ زراعة ورقة نبات الفول في لبن بقري
Ⓓ زراعة جذر نبات الجزر في لبن جوز الهند

١٢ ادرس الشكل المقابل جيدًا ثم أجب :




أي البدائل التالية تعبر عن الكائن الحي المشار إليه بالرمز (س) ؟

Ⓐ يمكنه أن ينجب ذكور أو إناث حسب نوع التكاثر
Ⓑ ينتج أمشاجه بالانقسام الميوزي
Ⓒ كل من خلاياه الجسدية والجنسية أحادية المجموعة الصبغية
Ⓓ قد ينتج من التكاثر الجنسي أو التكاثر اللاجنسي

١٣ الجدول التالي يوضح العلاقة بين عدد الصبغيات في خلايا نوعين من الكائنات الحية في مراحل مختلفة، ادرسه ثم أجب :

| | عدد صبغيات الفرد الأبوي | عدد صبغيات البويضة | عدد صبغيات الفرد البنوي |
|---|---|---|---|
| الكائن (س) | ٢ ن | ٢ ن | ٢ ن |
| الكائن (ص) | ٢ ن | ن | ن |

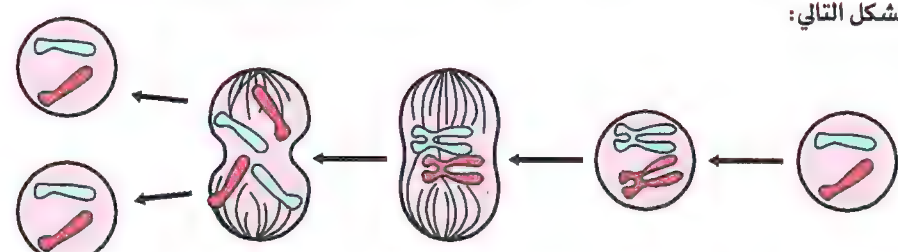
(١) الفرد الجديد للكائن (س) هو .........

Ⓐ أنثى حشرة المن
Ⓑ ذكر حشرة المن
Ⓒ أنثى حشرة نحل العسل
Ⓓ ذكر نحل العسل

(٢) الفرد الجديد للكائن (ص) هو .........

Ⓐ أنثى حشرة المن
Ⓑ ذكر حشرة المن
Ⓒ أنثى حشرة نحل العسل
Ⓓ ذكر نحل العسل

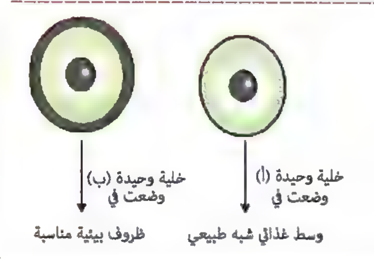
١٤ بعد دراسة الشكل التالي:



أي الكائنات الحية التالية تعتمد في تكوين الأمشاج على الانقسام الموضح بالشكل ؟

Ⓐ ذكر نحل العسل وذكر حشرة المن
Ⓑ ملكة نحل العسل وذكر حشرة المن
Ⓒ ذكر نحل العسل وأنثى حشرة المن
Ⓓ ملكة نحل العسل وأنثى حشرة المن

١٥ الرسم المقابل يبين خليتين كل منهما تتكاثر لا جنسيًا بطريقة مختلفة :




ما الذي يميز الخلية (أ) عن الخلية (ب) ؟

Ⓐ تحتوي على نصف المادة الوراثية الموجودة في الفرد الأصلي
Ⓑ لها القدرة على تحمل الظروف البيئية القاسية
Ⓒ محاطة بجدار سكري من الكيتين
Ⓓ تتكاثر بطريقة صناعية

# تابع طرق التكاثر في الكائنات الحية

## ثانيا التكاثر الجنسي Sexual Reproduction

التكاثر الجنسي: الاقتران - التكاثر بالأمشاج

| التكاثر الجنسي بالاقتران | التكاثر الجنسي بالأمشاج |
|---|---|
| – يعتمد على الخلايا الجسدية. | – يعتمد على الخلايا الجنسية. |
| – يتم في الظروف غير المناسبة فقط. | – يتم باستمرار متى نضجت الأعضاء التناسلية. |
| – يحدث الانقسام الميوزي بعد تكوين اللاقحة. | – يحدث الانقسام الميوزي قبل تكوين اللاقحة. |
| – تحاط اللاقحة بجدار سميك بهدف الحماية من الظروف غير المناسبة. | – لا تحاط اللاقحة بجدار سميك. |
| – تتكاثر بواسطته معظم الكائنات البدائية، مثل:<br>• بعض الأوليات الحيوانية مثل البراميسيوم.<br>• الطحالب مثل الأسبيروجيرا.<br>• الفطريات مثل عفن الخبز. | – تتكاثر بواسطته معظم الكائنات الراقية، مثل:<br>• النباتات الزهرية مثل التفاح.<br>• الزواحف مثل السلحفاة.<br>• الإنسان. |

## أ الاقتران Conjugation

تتكاثر معظم الكائنات البدائية كبعض الأوليات والطحالب والفطريات بطريقتين مختلفتين، هما:

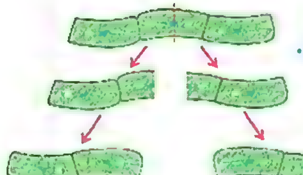
- التكاثر اللاجنسي بالانقسام الميتوزي: في الظروف المناسبة مثل وفرة الماء وملائمة الحرارة.
- التكاثر الجنسي بالاقتران: في الظروف غير المناسبة كتعرضها للجفاف أو تغير درجة حرارة الماء أو نقاوته.

### طحلب الأسبيروجيرا

- **التصنيف:** من الطحالب الخضراء.
- **بيئة المعيشة:** ينتشر في المياه العذبة الراكدة حيث تطفو خيوطه ويعرف بـــ "الريم الأخضر" .
- **التركيب:** طحلب خيطي الشكل يتكون من صف واحد من الخلايا المتماثلة تركيبيًا ووظيفيًا تحتوي كل منها على (نواة – بلاستيدة خضراء أو أكثر حلزونية الشكل – فجوة عصارية – سيتوبلازم).
- **طريقة التغذية:** ذاتي التغذية يعتمد على عملية البناء الضوئي بسبب وجود البلاستيدات الخضراء (الكلوروفيل).
- **التكاثر:**

**في الظروف المناسبة:** مثل (وفرة الماء - حرارة ملائمة - إضاءة مناسبة - درجة pH).

● يتكاثر لاجنسيًا بالتقطع بالاعتماد على الانقسام الميتوزي بهدف وفرة النسل وزيادة العدد.

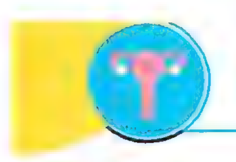


**في الظروف غير المناسبة** مثل (جفاف البركة - تغير درجة الحرارة - تغير النقاوة - تغير درجة PH).

- يتكاثر جنسيا بالاقتران بهدف الحماية من الظروف غير المناسبة وتنوع الصفات الوراثية.

والاقتران نوعان هما:

| | الاقتران السلمي | الاقتران الجانبي |
|---|---|---|
| الشكل التوضيحي | | |
| شرط حدوثه | وجود أكثر من خيط طحلبي عند تعرض الأسبيروجيرا لظرف غير مناسب. | وجود خيط طحلبي واحد فقط عند تعرض الأسبيروجيرا الظرف غير مناسب. |
| موضع حدوثه | يحدث بين الخلايا المتقابلة في خيطين طحلبين متجاورين طوليًا. | يحدث بين خليتين متجاورتين في نفس الخيط الطحلبي. |
| آلية حدوثه | • يتجاور خيطان طوليًا.<br>• تنمو نتوءات للداخل بين بعض أزواج الخلايا المتقابلة حتى يتلامسا ويزول الجدار الفاصل بينهما وتتكون قناة اقتران.<br>• تنتقل مكونات إحدى الخليتين إلى الخلية المقابلة لها من خلال قناة الاقتران مكونة لاقحة (زيجوت) ثنائية المجموعة الصبغية (٢ن). | تنتقل مكونات إحدى الخليتين (البروتوبلازم) إلى الخلية المجاورة لها على نفس الخيط الطحلبي من خلال فتحة في الجدار الفاصل بينهما مكونًا لاقحة (زيجوت) ثنائية المجموعة الصبغية (٢ن). |
| | • تحاط اللاقحة بجدار سميك؛ لحمايتها من الظروف غير الملائمة، وتسمي (لاقحة جرثومية) أو (زيجوسبور) (٢ن)، وتبقي ساكنة حتى تتحسن الظروف المحيطة.<br>• تنقسم نواة اللاقحة الجرثومية ميوزيًا لتكوين ٤ أنوية أحادية المجموعة الصبغية (ن) يتحلل منها ٣ أنوية وتبقى النواة الرابعة.<br>• تنقسم النواة الرابعة ميتوزيًا لتكوّن خيط طحلبي جديد (ن). | |
| التنوع الوراثي | الأفراد الناتجة أكثر تنوعًا حيث تجمع بين صفات خيطين مختلفين. | الأفراد الناتجة أقل تنوعًا حيث تجمع بين صفات خيط طحلبي واحد فقط. |
| سهولة الحدوث | أصعب وأكثر تعقيدا من الاقتران الجانبي. | أسهل وأقل تعقيدا من الاقتران السلمي. |





## مقارنة بين اللاقحة واللاقحة الجرثومية:



| اللاقحة | اللاقحة الجرثومية (الزيجوسبور) |
|---|---|
| **أوجه الاختلاف** | |
| - غير محاطة بجدار سميك. | - محاطة بجدار سميك للحماية من الظروف غير الملائمة. |
| - تنقسم ميتوزيًا لتكوين الجنين ثم الفرد اليافع الناضج. | - تنقسم نواتها ميوزيًا لتعطي ٤ أنوية يتحلل منها ٣ وتبقى الرابعة التي تنقسم ميتوزيًا لتكوين خيط جديد. |
| - تتكون في التكاثر الجنسي بالأمشاج. | - تتكون في التكاثر الجنسي بالاقتران. |
| **وجه الشبه** | |
| كلاهما ثنائية المجموعة الصبغية وتتكون في التكاثر الجنسي. | |

### مسألة:

عند جفاف بركة يعيش بها خيطان من طحلب الأسبيروجيرا أحدهما يحتوي على ٢٠ خلية والآخر يحتوي على ١٠ خلايا. احسب:

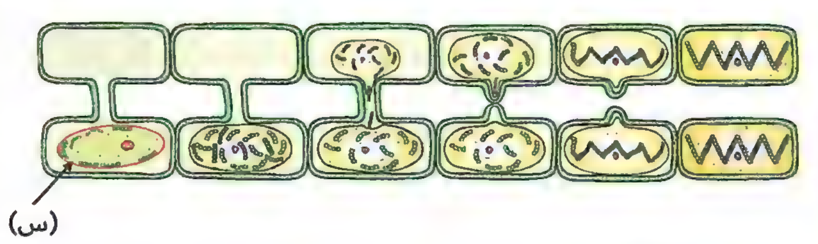
١- عدد الزيجوسبورات الناتجة.
٢- عدد الخيوط الطحلبية الناتجة من الإنبات.
٣- نوع الاقتران الحادث.
٤- نوع الانقسامات التي تحدث بعد تحسن الظروف المحيطة.

الإجابة:

١- عدد الزيجوسبورات الناتجة = ١٠ + ٥ = ١٥ زيجوسبور.
٢- عدد الخيوط الطحلبية الناتجة = عدد الزيجوسبورات = ١٥ خيط طحلبي.
٣- اقتران سلمي بين ١٠ أزواج من الخلايا على الخيطين المتجاورين.
اقتران جانبي بين ٥ أزواج من الخلايا على خيط واحد فقط.
٤- انقسام ميوزي لنواة الزيجوسبور يليه انقسام ميتوزي.

### أسئلة الأداء الذاتي:

1 من خلال دراستك للشكل التالي :




أي العبارات التالية صحيحة عن الخلية (س) ؟

أ) تتكون من عملية إخصاب مزدوج
ب) عند تحسن الظروف تنقسم ميوزيًا مكونة أربعة خيوط جديدة
ج) تتحلل في حالة استمرار جفاف ماء البركة
د) النسل الناتج بعد اكتمال انقسامها متباين المحتوى الجيني



٢ الشكل التالي :

يعبر عن حالة تكاثر ........ لطحلب إسبيروجيرا تم عزله من بركة ........

Ⓐ لاجنسي بالتقطع ، بها مياه وفيرة
Ⓑ جنسي بالاقتران الجانبي ، بها مياه وفيرة
Ⓒ جنسي بالاقتران السلمي ، جافة
Ⓓ جنسي بالاقتران الجانبي ، جافة

٣ من خلال دراستك للشكل المقابل، ماذا تتوقع أن تكون خصائص البيئة المحيطة بالكائن الحي في كل من الوسطين الأول و الثاني ؟



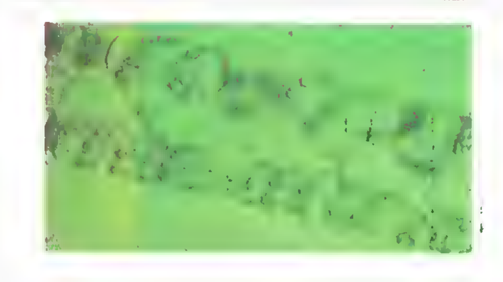






| | الوسط الأول | الوسط الثاني |
|---|---|---|
| Ⓐ | بركة جافة في منطقة صحراوية | بركة بها مياه عذبة وفيرة |
| Ⓑ | بركة جافة في منطقة صحراوية | بركة جافة في منطقة ساحلية |
| Ⓒ | بركة بها مياه عذبة وفيرة | بركة جافة في منطقة صحراوية |
| Ⓓ | بركة بها مياه عذبة راكدة | بركة بها مياه عذبة شديدة التيار |

٤ ما الأهمية البيولوجية للعملية الموضحة بالشكل المقابل ؟



Ⓐ تسمح للأسبيروجيرا بالتكاثر سريعًا في الظروف المُلائمة.
Ⓑ تسمح للأسبيروجيرا بزيادة مساحة السطح لامتصاص الضوء
Ⓒ تسمح للأسبيروجيرا بالبقاء في الظروف الصعبة.
Ⓓ تسمح للأسبيروجيرا باستنساخ نفسها بفاعلية



## ب التكاثـر بالأمشـاج الجنسيـة

تتكاثـر الأحيـاء النباتيـة والحيوانيـة الراقيـة بالأمشـاج الجنسـية المذكـرة والمؤنثـة الناتجـة عـن انقسـام ميـوزي يتـم فـي المناسـل (الأعضـاء الجنسـية).

### أنواع الأمشاج الجنسية (الأمشاج الذكرية ♂ - الأمشاج الأنثوية ♀).

| | المشيج المذكر ♂ | المشيج المؤنث ♀ |
|---|---|---|
| عضو الإنتاج | تنتجه المناسل المذكرة (الخصية – المتك). | تنتجه المناسل المؤنثة (المبيض). |
| الشكل | الجسم مستدق قليل السيتوبلازم. | مستدير. |
| الحجم | أقل حجمًا (حيث يفقد معظم السيتوبلازم أثناء تكوينه) | أكبر حجمًا |

| | | |
|---|---|---|
| اختزان الغذاء | لا يختزن الغذاء. | يختزن الغذاء غالبًا. |
| الحركة | لـه القـدرة علـى الحركـة حيـث يتـزود الجسـم بسـوط أو ذيـل (بالنسـبة للحيـوان أو الإنسـان) حتـى يسـتطيع الوصـول للمشـيج المؤنـث. | يبقـي سـاكن عادةً في جسـم الأنثـى حتى يتم الإخصـاب (فـي حـالات التلقيح الداخلي). |
| العدد | ينتـج المشـيج المذكر بأعداد كبيـرة حيث إن كل خليـة أوليـة تنتـج أربعـة أمشـاج ذكريـة وذلـك لاحتمـال فقـد بعضها خلال رحلتها إلى المشـيج الأنثوي. | ينتـج المشـيج المؤنـث بأعـداد قليلـة حيـث إن كل خليـة أوليـة تنتـج مشـيج مؤنـث واحـد (بويضـة) وثلاثـة أجسـام قطبيـة. |
| الوظيفة | نقـل المـادة الوارثيـة إلى المشـيج المؤنـث أثناء عمليـة الإخصـاب. | اسـتقبال المـادة الوارثية من المشـيج المذكر أثناء عمليـة الإخصـاب. |

**فسر ؟!**

• لا يختزن المشيج المذكر الغذاء.

لأنـــه قليل الســـيتوبلازم حيث يفقد معظمه أثنـــاء تكوينه.

**فسر ؟!**

• جسم المشيج المذكريكون مستدقًا غالبًا.

لتقليـــل قوي الاحتـــكاك مع الســـوائل التي يلقاهـــا أثناء حركتـــه لمكان المشـــيج المؤنث، وليســـهل من عملية اختراق المشـــيج المؤنـــث حتى تتم عمليـــة الإخصاب.

**التلقيح** انتقال المشـــيج الذكري إلى المشـــيج الأنثوي.

**يتوقف نوع التلقيح علي نوع الحيوان وبيئة معيشته** والذي يتم بإحدى الطريقتين التاليتين:

**تلقيح خارجي**

- يتـم فـي معظـم الحيوانـات المائيـة كالأسـماك العظمية والضفادع.
- يلقـي كل مـن الذكـر والأنثـى بأمشـاجهما فـي المـاء فتنتقـل الأمشـاج عبـر المـاء ليتـم الإخصـاب وتكويـن الجنيـن فـي المـاء.

**تلقيح داخلي**

- تتـم فـي معظـم الحيوانـات التـي تعيـش علـى اليابسـة مثـل الزواحـف والطيـور والثدييات.
- يتعيـن علـى الذكـر إدخـال الحيوانـات المنويـة داخل جسـم الأنثـى لتصـل إلـى البويضـات ليتـم الإخصـاب ويتكـون الجنيـن.

**الإخصاب**

اندمـاج نـواة المشـيج الذكـري (ن) مـع نـواة المشـيج الأنثـوي (ن) لتكويـن اللاقحـة (٢ ن) التـي تنقسـم ميتوزيًـا لتكويـن الجنيـن.

**فكرة ذكية**

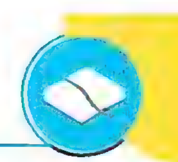
٭ بركة ماء تعيش فيها كل من طحلب الأسبيروجيرا، والأميبا، وضفدعة. حدد ماذا يحدث عند جفاف هذه البركة لكل منها ؟

• طحلب الأســـبيروجيرا: يتكاثر جنســـيًا بالاقتران (ســـلمي أو جانبي) لتكوين زيجوســـبور تنقســـم نواته ميوزيًا فور تحسن الظـــروف المحيطة إلى أربعة أنويـــة يتحلل منها ٣ وتبقـــي النواة الرابعة لتنقســـم ميتوزيًا لإنبات خيـــط طحلبي جديد.

• أميبـــا: تفرز حول جســـمها غلافًـــا كيتينيًا؛ لحمايتها وتنقســـم داخـــل الحوصلة عدة مرات بالانشـــطار الثنائـــي المتكرر لتعطـــي عـــدة أميبات صغيـــرة تتحرر منها فور تحســـن الظـــروف المحيطة.

• الضفدعة: تتوقف عن التكاثر الجنسي؛ لأن التلقيح والإخصاب فيها يكون خارجي ويحتاج لوسط مائي.










## ظاهرة تعاقب الأجيال Alternation of Generation

ظاهرة تعاقب (توالي) جيلين أو أكثر جيل يتكاثر جنسيًا مع جيل أو أكثر يتكاثر لا جنسيًا في نفس دورة حياة الكائن الحي.

**تتكاثر بواسطتها:**

- بعض الأنواع النباتية مثل السرخسيات (كزبرة البئر - الفوجير).
- بعض الأنواع الحيوانية مثل بلازموديوم الملاريا.
- تلجأ بعض الأنواع إلى التكاثر الجنسي واللاجنسي في نفس دورة الحياة (تعاقب الأجيال) لتجني ميزاتهما معًا

حيث إن :

- التكاثر اللاجنسي يحقق سرعة التكاثر ووفرة النسل.
- التكاثر الجنسي يحقق التنوع الوراثي والانتشار ومسايرة تقلبات البيئة عن طريق تباين المحتوى الصبغي لخلايا تلك الأجيال المتعاقبة.

**يمكن إيضاح ظاهرة تعاقب الأجيال من خلال دراستنا للأمثلة التالية:**

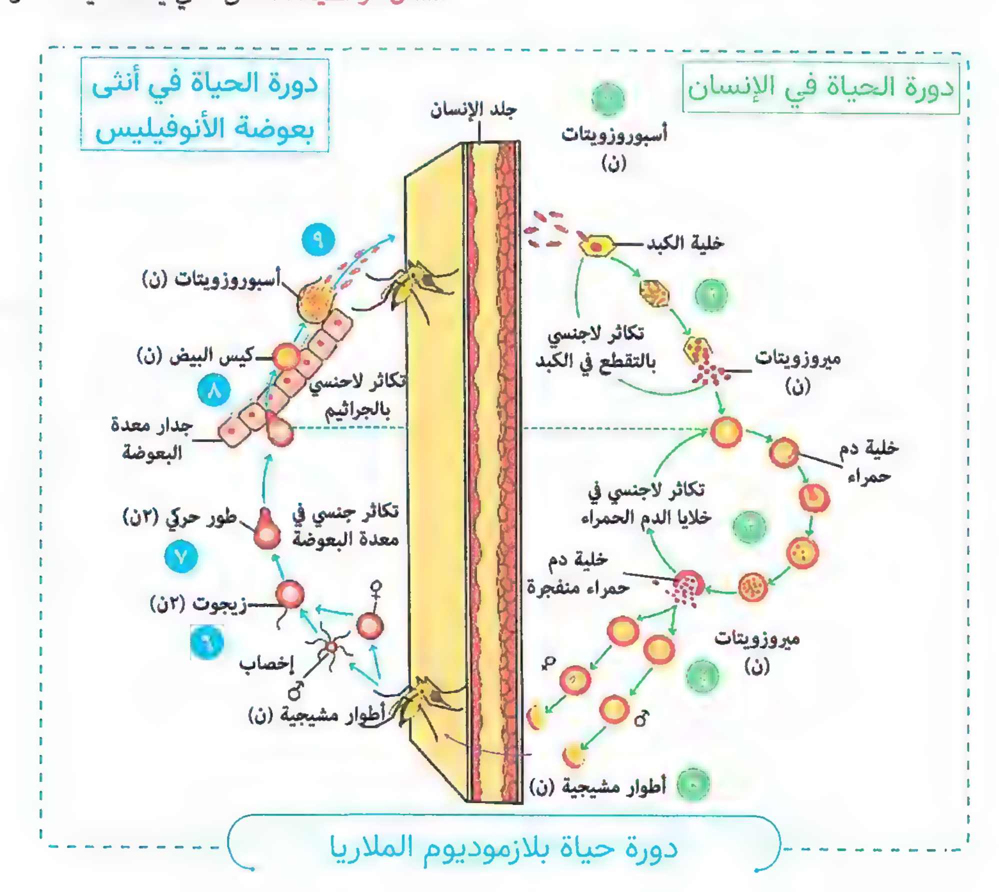
## أولاً دورة حياة بلازموديوم الملاريا

- يعتبر من الأوليات الجرثومية التي تتطفل على الإنسان وأنثى بعوضة الأنوفيليس.
- يتعاقب في دورة حياة البلازموديوم جيل يتكاثر جنسيًا بالأمشاج (في البعوضة) ثم أجيال تتكاثر لاجنسيًا بالجراثيم (في البعوضة) وبالتقطع (في الإنسان).

**مصطلحات إضافية**

العائل الأساسي: الكائن الذي يحدث فيه التكاثر الجنسي.

العائل الوسيط: الكائن الذي يحدث فيه التكاثر اللاجنسي.



دورة حياة بلازموديوم الملاريا










## أ دورة الحياة في جسم الإنسان

تصب البعوضة في دم الإنسان أشكالًا مغزلية دقيقة تسمى «الأسبوروزويتات (ن) sporozoites».

٢ تتجه الأسبوروزويتات مع الدم إلي

[illegible]

حيث تقضي فترة حضانة تقوم فيها بدورتين من التكاثر اللاجنسي حيث تنقسم النواة بالتقطع لتنتج «الميروزويتات (ن) Merozoites».

٣ تنتقل الميروزويتات لتصيب

كريات الدم الحمراء

حيث تقضي فيها عدة دورات لاجنسية لإنتاج العديد من الميروزويتات.

٤ تتحرر الميروزويتات بأعداد هائلة كل يومين

بعد تفتت كريات الدم المصابة تتحرر (تنطلق) منها مواد سامة حينئذ يظهر على المصاب أعراض حُمى الملاريا في صورة (ارتفاع درجة الحرارة / الرعشة / العرق الغزير).

٥ تتحول بعض الميروزويتات إلى أطوار مشيجية (ن)

وذلك داخل كريات الدم الحمراء

٦ تنتقل الأطوار المشيجية (ن) مع دم المصاب إلى البعوضة عند لدغها للإنسان المصاب

## ب دورة الحياة في جسم انثى البعوضة

تتحرر الأمشاج من كريات الدم الحمراء وتندمج لتكوين «اللاقحة» (٢ن) في معدة البعوضة.

٧ تتحول اللاقحة إلى طور حركي «Ookinete» (٢ن)

يخترق الطور الحركي جدار المعدة

٨ ينقسم الطور الحركي ميوزيًا مكونًا كيس البيض «Oocyte» (ن)

تنقسم نواة كيس البيض ميتوزيًا فيما يعرف بالتجرثم Sporogony حيث ينتج عن التجرثم العديد من الأسبوروزويتات (ن) ويعتبر ذلك تكاثر لاجنسي.

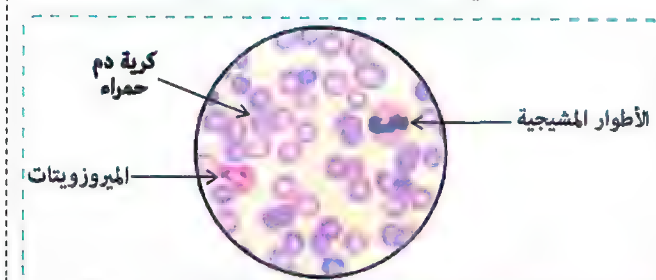
٩ تتحرر الأسبوروزويتات (ن) وتتجه إلي

الغدد اللعابية للبعوضة استعدادًا لإصابة إنسان آخر.

١ تلدغ أنثى بعوضة أنوفيليس مصابة بالطفيل جلد إنسان سليم

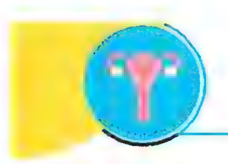
ملحوظات

- جميع أطوار بلازموديوم الملاريا أحادية المجموعة الصبغية عدا الزيجوت والطور الحركي.
- الطور المعدي للإنسان هو الأسبوروزويتات، بينما الطور المعدي لأنثى بعوضة الأنوفيليس هو الأطوار المشيجية.
- تتكون الأطوار المشيجية من تحول بعض الميروزويتات داخل كريات الدم الحمراء في الإنسان المصاب بينما تستكمل نضجها في معدة البعوضة لتتمايز إلى أمشاج مذكرة ومؤنثة تتكاثر جنسيًا مكونة اللاقحة فتستمر دورة الحياة.
- الأطوار المشيجية لا تتأثر بالعصارة الهاضمة في معدة البعوضة بينما يتأثر كل من اللاقحة والطور الحركي بالعصارة الهاضمة لذا تتحول اللاقحة بسرعة إلى طور حركي يخترق جدار المعدة حتى لا يتم هضمها.
- تتفتت كريات الدم الحمراء المصابة كل يومين بأعداد كبيرة ومع تكرار هذه العملية قد يؤدي إلى الإصابة بأنيميا حادة (نقص حاد في عدد كريات الدم الحمراء وكمية الهيموجلوبين فيما يعرف بـ"فقر الدم").
- عند فحص عينة دم لمريض الملاريا تحت الميكروسكوب يمكن ملاحظة الآتي:
  - وجود كل من الميروزويتات والأطوار المشيجية.
  - نقص عدد كريات الدم الحمراء.
  - نقص كمية الهيموجلوبين.
  - زيادة في نواتج تكسير الهيموجلوبين.

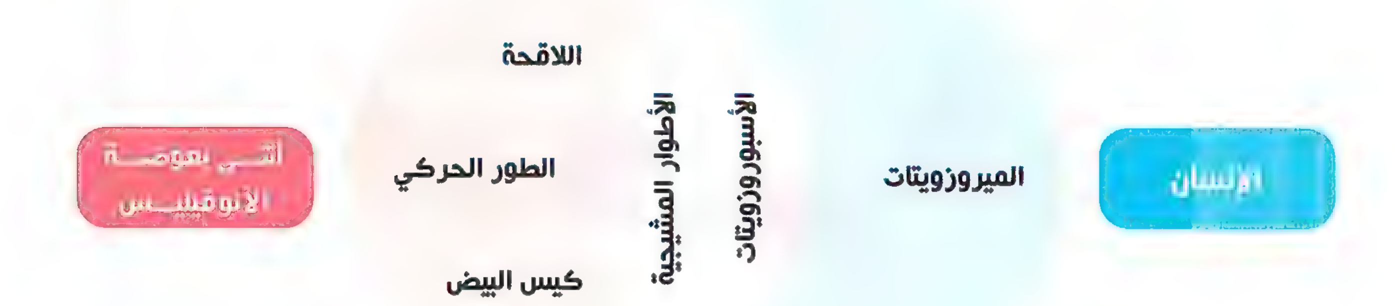



- مما سبق يمكن المقارنة بين **الأسبوروزويتات والميروزويتات**، كالتالي:

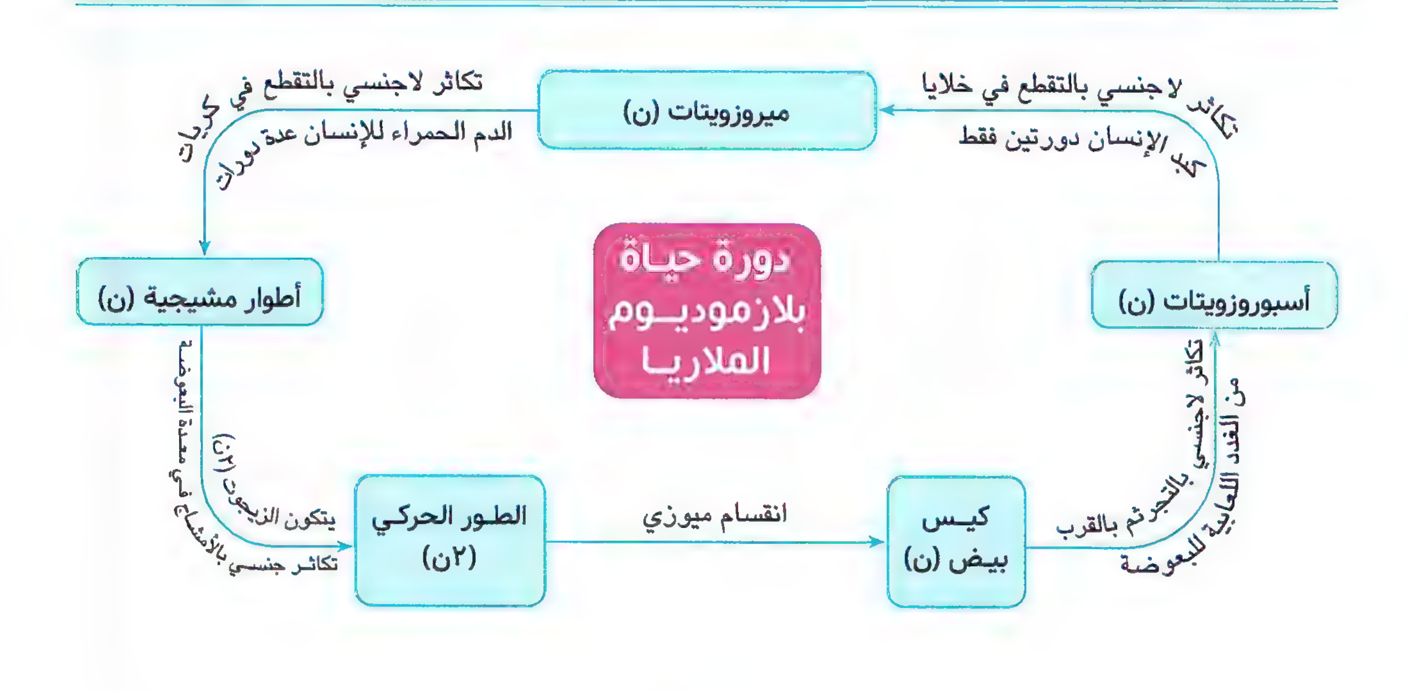
| | الأسبوروزويتات | الميروزويتات |
|---|---|---|
| الشكل | أطوار مغزلية الشكل. | أطوار كروية أو مستديرة الشكل. |
| المجموعة الصبغية | أحادية المجموعة الصبغية (ن). | أحادية المجموعة الصبغية (ن). |
| مكان الوجود | - خلايا الكبد في الإنسان المصاب.<br>- الغدد اللعابية في أنثى بعوضة الأنوفيليس المصابة. | - كريات الدم الحمراء في الإنسان المصاب.<br>- لا توجد في أنثى بعوضة الأنوفيليس. |
| طريقة التكوين | تتكون من انقسام نواة كيس البيض بالتجرثم خارج جدار معدة البعوضة المصابة. | تتكون من تكاثر الأسبوروزويتات لاجنسيًا بالتقطع داخل خلايا الكبد في الإنسان المصاب. |
| طريقة التكاثر | تتكاثر لاجنسيًا بالتقطع في دورتين داخل خلايا الكبد في الإنسان المصاب مكونة ميروزويتات. | تتكاثر لاجنسيًا بالتقطع في عدة دورات داخل كريات الدم الحمراء مكونة العديد من الميروزويتات التي يتحول بعضها إلى أطوار مشيجية. |

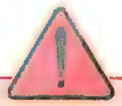






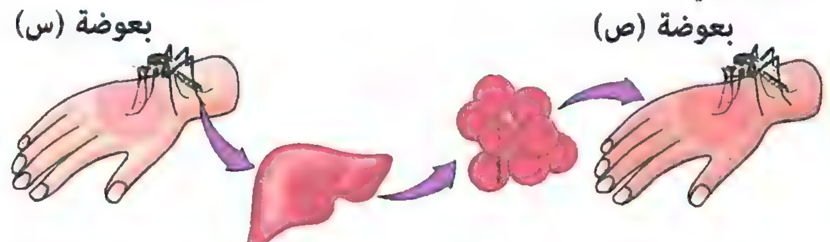

## أماكن تواجد أطوار بلازموديوم الملاريا



## أسئلة الأداء الذاتي:

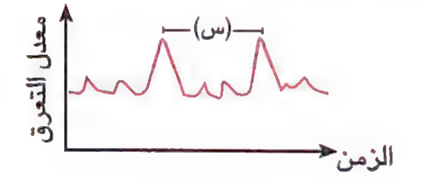
**٥** ما مصير الميروزيتات الموجودة في لعاب البعوضة (ص) ؟




Ⓐ تتحول إلى أطوار مشيجية
Ⓑ تخترق جدار المعدة وتنقسم ميتوزيًا إلى أسبوروزيتات
Ⓒ تتحلل بفعل العصارة الهاضمة
Ⓓ تتحد مع بعضها لتكوين الزيجوت في معدة البعوضة

---

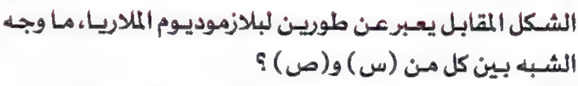
**٦** الشكل المقابل يعبر عن معدل التعرق لمريض ملاريا خلال فترة زمنية.

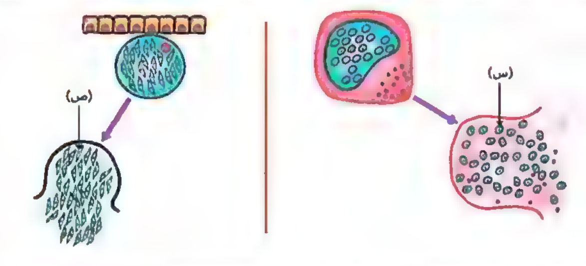



(١) أي البدائل التالية تفسر التغيرات الموضحة بالشكل ؟
Ⓐ دخول الأسبوروزويتات إلى خلايا الكبد
Ⓑ صب البعوضة للأطوار المعدية داخل دم الانسان
Ⓒ خروج الميروزويتات من خلايا الكبد
Ⓓ تحرر الميروزويتات والسموم من كريات الدم الحمراء

(٢) متوسط الفترة الزمنية (س) يساوي ..........
Ⓐ يومان   Ⓑ ٥ أيام   Ⓒ أسبوع   Ⓓ أسبوعين

---

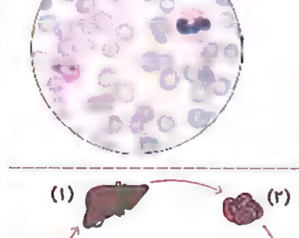
**٧** 
الشكل المقابل يعبر عن طورين لبلازموديوم الملاريا، ما وجه الشبه بين كل من (س) و(ص) ؟




Ⓐ كل منهما تنتج من نفس صورة التكاثر اللاجنسي
Ⓑ كل منهما تسبب ظهور أعراض الملاريا عقب تحررها
Ⓒ كل منهما تتكاثر بنفس طريقة التكاثر اللاجنسي
Ⓓ كل منهما تتكون داخل جسم الإنسان وأنثى البعوضة

---

**٨** الشكل المقابل يمثل نتيجة فحص عينة دم لمريض مصاب بالملاريا، أي البدائل التالية تمثل صورة التكاثر الموضحة بالشكل المقابل ؟



Ⓐ التكاثر الجنسي لتكوين ميروزويتات وخلايا مشيجية
Ⓑ التكاثر اللاجنسي لتكوين ميروزويتات وخلايا مشيجية
Ⓒ التكاثر اللاجنسي لتكوين أسبوروزويتات وميروزويتات
Ⓓ التكاثر الجنسي لتكوين خلايا مشيجية وزيجوت

---

**٩** من خلال دراستك للشكل المقابل، ما المرحلة التي تتحول خلالها أطوار البلازموديوم من الحالة (ن) إلى الحالة (٢ن) ؟

(١) (٢) (٣) (٤)

Ⓐ (١)
Ⓑ (٢)
Ⓒ (٣)
Ⓓ (٤)

## ثانيًا دورة حياة نبات من السراخس (الفوجير)



نبات الفوجير

✪ من أشهر الأمثلة على السراخس:

- نبات الفوجير المعروف كنبات زينة في المشاتل.
- نبات كزبرة البئر الذي ينمو على حواف الآبار والقنوات الظليلة.

✪ تعد دورة حياة نبات الفوجير مثالًا نموذجيًا لظاهرة تعاقب الأجيال حيث يتعاقب فيها طور جرثومي (٢ن) يتكاثر لاجنسيًا بالجراثيم لمرة واحدة فقط مع طور مشيجي (ن) يتكاثر جنسيًا بالأمشاج.



دورة حياة نبات الفوجير

### ١ الطـور الجرثومـي (٢ن)

1. تبدأ دورة حياة نبات الفوجير بالطور الجرثومي الذي يحمل على السطح السفلي لأوراقه بثرات بها حوافظ جرثومية تحتوي على العديد من الخلايا الجرثومية (٢ن).
2. تنقسم الخلايا الجرثومية (٢ن) ميوزيًا لتكوين الجراثيم (ن).
3. عند نضج الجراثيم تتحرر من الحوافظ الجرثومية وتحملها الرياح لمسافات بعيدة.

## ب الطور المشيجي (ن)

٤ عندما تسقط الجرثومة على تربة رطبة تنبت مكونة عدة خلايا لا تلبث أن تتكتل وتتميز إلى جسم مفلطح ينمو على شكل قلبي فوق التربة الرطبة يعرف بالطور المشيجي، وهو يتميز بأن سطحه السفلي يوجد به ما يلي:

- **أشباه جذور:** تنمو على مؤخرة السطح السفلي للطور المشيجي كزوائد لامتصاص الماء والأملاح.
- **زوائد تناسلية:** تنمو على مقدمة السطح السفلي للطور المشيجي، وهي نوعان:
  - الأنثريديا Antheridia (ن): مناسل مذكرة تنتج الأمشاج المذكرة (السابحات المهدبة) (ن).
  - الأرشيجونيا Archegonia (ن): مناسل مؤنثة تنتج الأمشاج المؤنثة (البويضات) (ن).

٥ بعد نضج الأنثريديا تتحرر منها الأمشاج الذكرية (السابحات المهدبة) لتسبح فوق مياه التربة حتى تصل إلى الأرشيجونيا الناضجة وذلك لإخصاب البويضة بداخلها فتتكون اللاقحة (٢ن).

٦ تنقسم اللاقحة متميزة إلى نبات جرثومي جديد ينمو فوق النبات المشيجي.

٧ يعتمد النبات الجرثومي فترة قصيرة على النبات المشيجي حتى يكون لنفسه جذورًا وساقًا وأوراقًا.

٨ يتلاشى النبات المشيجي وينمو النبات الجرثومي ليعيد دورة الحياة من جديد .

- مما سبق يمكن المقارنة بين **الطور الجرثومي** و**الطور المشيجي في نبات الفوجير**، كالتالي:

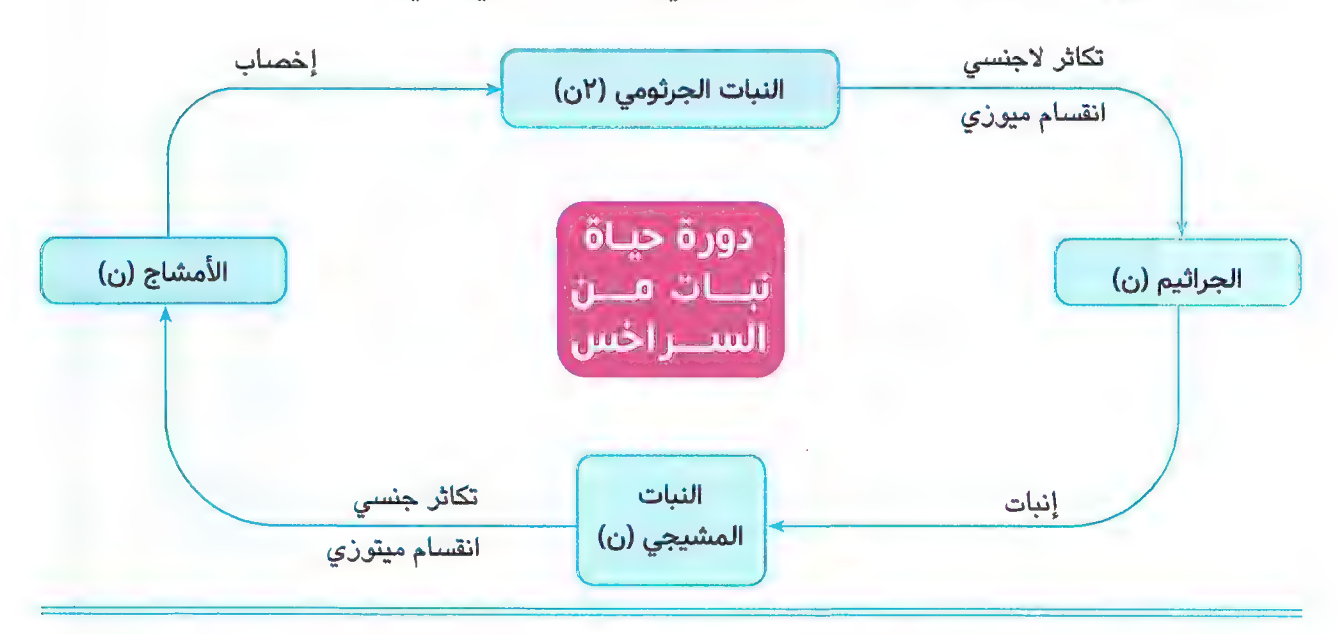
| | الطور الجرثومي في نبات الفوجير | الطور المشيجي في نبات الفوجير |
|---|---|---|
| الشكل | | |
| التركيب | يتكون من جذور عرضية وساق وريزومة وأوراق تحمل على سطحها السفلي بثرات بها حوافظ جرثومية تحتوي على العديد من الخلايا الجرثومية. | جسم مفلطح قلبي الشكل يحمل على مؤخرة سطحه السفلي أشباه جذور لامتصاص الماء والأملاح وتنمو على مقدمة نفس السطح زوائد تناسلية مذكرة (الأنثريديا) ومؤنثة (الأرشيجونيا). |
| المجموعة الصبغية | ثنائي المجموعة الصبغية (٢ن). | أحادي المجموعة الصبغية (ن). |
| طريقة التكوين | يتكون بالتكاثر الجنسي بإخصاب السابحة المهدبة (ن) للبويضة (ن) فتتكون اللاقحة (٢ن) التي تنقسم ميتوزيًا متميزة إلى نبات جرثومي. | يتكون من إنبات الجرثومة (ن)، أي أنه يتكون من تكاثر لاجنسي. |
| طريقة التكاثر | يتكاثر لاجنسيًا بالجراثيم التي تتكون بالانقسام الميوزي للخلايا الجرثومية (٢ن) في الحوافظ الجرثومية. | يتكاثر جنسيًا بالأمشاج المذكرة والمؤنثة التي تتكون بالانقسام الميتوزي في الزوائد التناسلية. |
| المصير | يستمر نمو الطور الجرثومي ليعيد دورة الحياة. | يتلاشى الطور المشيجي بعد نمو الطور الجرثومي. |

- يمكن كذلك عقد مقارنة بين **الأنثريديا والأرشيجونيا في نبات الفوجير**، كالتالي:



| | الأنثريديا | الأرشيجونيا |
|---|---|---|
| الشكل غير الناضج | | |
| الشكل الناضج | | |
| التعريف | المناسل المذكرة في النبات المشيجي للسراخس مثل (كزبرة البئر – الفوجير). | المناسل المؤنثة في النبات المشيجي للسراخس مثل (كزبرة البئر – الفوجير). |
| المكان | مقدمة السطح السفلي للنبات المشيجي. | مقدمة السطح السفلي للنبات المشيجي. |
| الوظيفة | تكوين السابحات المهدبة بالانقسام الميتوزي. | تكوين البويضات بالانقسام الميتوزي. |

**من خلال ما سبق يمكن تلخيص دورة حياة السرخسيات في المخطط الذهني التالي :**




**أهمية الماء في دورة حياة السراخس**

- يساعد على إنبات الجراثيم الناضجة بعد تحررها حيث تنبت مكونة كتلة من الخلايا لا تلبث أن تتكتل مكونة نبات مفلطح قلبي الشكل يعرف بالطور المشيجي.
- إتمام عملية الإخصاب حيث تسبح السابحات المهدبة فوق مياه التربة حتى تصل للأرشيجونيا الناضجة وذلك لإخصاب البويضة بداخلها فتتكون اللاقحة التي تنقسم متميزة إلى نبات جرثومي.

**في ضوء منهجك:** اذكر ٣ أمثلة لكائنات تتضح فيها ظاهرة التطفل

**ظاهرة التطفل**
- بلازموديوم الملاريا يتطفل على الإنسان وأنثى بعوضة الأنوفيليس.
- الطور الجرثومي النامي يتطفل على الطور المشيجي لفترة في دورة حياة السرخسيات كالفوجير.
- فيروس البكتيريوفاج يتطفل على البكتيريا. سيتم دراستها في الفصل الخامس

**قارن بين جراثيم فطر عفن الخبز وجراثيم الفوجير**

| جراثيم فطر عفن الخبز | جراثيم الفوجير |
|---|---|
| - أحادية المجموعة الصبغية (ن).<br>- تنتج من انقسام الخلايا الجرثومية (ن) انقسامًا ميتوزيًا.<br>- عند وصولها إلى وسط ملائم للنمو تمتص الماء ويتشقق جدارها وتنقسم عدة مرات ميتوزيًا حتى تنمو إلى فطر كامل جديد | - أحادية المجموعة الصبغية (ن).<br>-تنتج من انقسام الخلايا الجرثومية (٢ن) انقساما ميوزيًا.<br>- عند وصولها إلى وسط ملائم للنمو تمتص الماء ويتشقق جدارها وتنبت مكونة طور مشيجي أحادي المجموعة الصبغية وليس طورا جرثوميًا جديدًا. |

## شواذ القاعدة

| | |
|---|---|
| تكاثر جنسي رغم وجود فرد واحد. | • طحلب الأسبيروجيرا في حالة حدوث اقتران جانبي.<br>• النبات المشيجي في نبات الفوجير.<br>• الزهرة الخنثى. |
| تكاثر جنسي يؤدي إلي تنوع أقل في الصفات الوراثة | • الاقتران الجانبي في طحلب الأسبيروجيرا.<br>• التكاثر الجنسي بالأمشاج في الطور المشيجي في نبات الفوجير.<br>• التكاثر الجنسي بالأطوار المشيجية في بلازموديوم الملاريا. |
| انقسام ميوزي لا ينتج عنه أمشاج | • نواة الزيجوسبور تنتج أربع أنوية يتحلل منها ثلاثة وتبقى الرابعة تنقسم ميتوزيًا لإنبات خيط جديد في الأسبيروجيرا.<br>• الطور الحركي لبلازموديوم الملاريا تنتج كيس بيض.<br>• الخلايا الجرثومية في الفوجير تنتج جراثيم. |
| تكاثر جنسي عن طريق انقسام ميتوزي | • الميروزويتات تنقسم ميتوزيًا وتنتج الأطوار المشيجية (ن) التي تندمج بعد نضجها لتكون اللاقحة.<br>• الأنثريديا (ن) تنقسم ميتوزيًا لتنتج السابحات المهدبة (ن)، والأرشيجونيا (ن) تنقسم ميتوزيًا لتنتج البويضات (ن) التي تندمج مع السابحات المهدبة (ن) مكونة اللاقحة (٢ن). |
| تكاثر لاجنسي عن طريق انقسام ميوزي | • التوالد البكري الطبيعي في ملكة نحل العسل.<br>• التوالد البكري الصناعي كما في (الضفدعة، نجم البحر، الأرانب).<br>• التكاثر بالجراثيم في الطور الجرثومي للفوجير. |

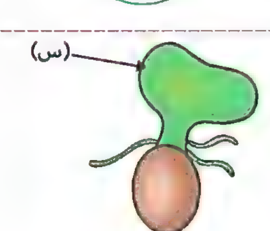









**١٠** من خلال دراستك للمخطط المقابل، ما صورة التكاثر المشار إليها بالرمز (س) ؟



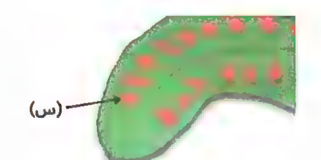

Ⓐ التحوصل في الأميبا
Ⓑ التوالد البكري في نحل العسل
Ⓒ الاقتران في الإسبيروجيرا
Ⓓ التكاثر الجنسي في الفوجير

**١١** الشكل المقابل يمثل جزء من دورة حياة الفوجير، أي العبارات التالية تصف الجزء (س) وصفا دقيقًا ؟

(س)

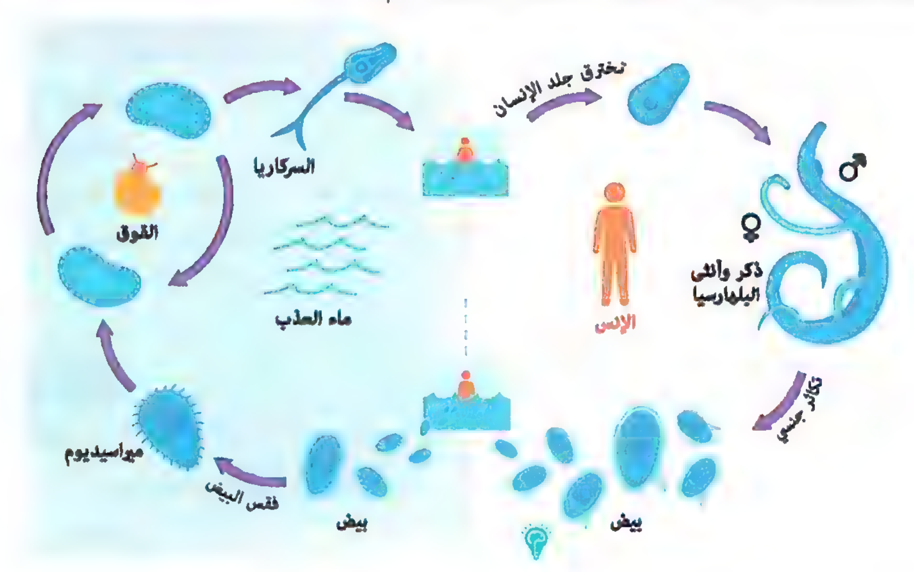
Ⓐ يكون أمشاجه بالانقسام الاختزالي
Ⓑ ينتشر في البيئات الجافة شديدة الإضاءة
Ⓒ ينتج من تكاثر لاجنسي ويتكاثر جنسيا
Ⓓ لا تحتوي خلاياه على بلاستيدات خضراء

**١٢** ما النتائج المترتبة على اختفاء التراكيب المشار إليها بالرمز (س) من النبات المقابل ؟




Ⓐ يحدث الانقسام الميوزى ولا يحدث الانقسام الميتوزى
Ⓑ يكون النبات جراثيم تنبت لتكون نباتات مشيجية
Ⓒ يكون النبات جراثيم ولا يستطيع تكوين نباتات مشيجية
Ⓓ تنتهى دورة حياة النبات عند هذا الطور

**١٣** الشكل المقابل يمثل دورة حياة دودة البلهارسيا. افحص الشكل جيدا ثم أجب :

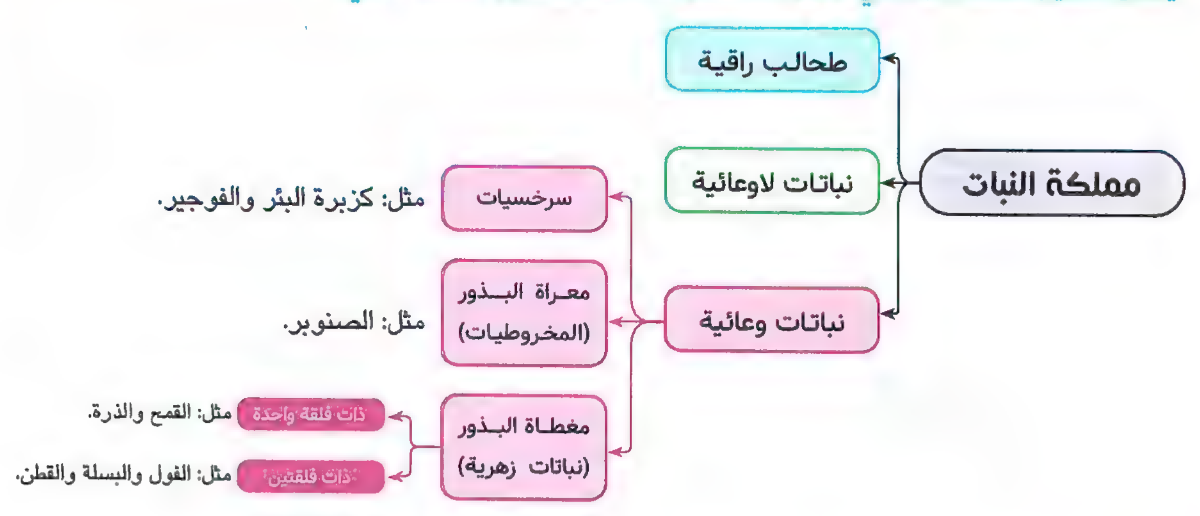



نستنتج من دراسة الشكل المقابل أنَّ ..........

Ⓐ البلهارسيا تتكاثر لاجنسيا في الظروف المناسبة وجنسيا في الظروف غير المناسبة
Ⓑ تناول طعام ملوث بالبيض قد يؤدي إلي الإصابة بالبلهارسيا
Ⓒ الإنسان يقوم بدور العائل الأساسي بينما القوقع يقوم بدور العائل الوسيط
Ⓓ الإصابة بالبلهارسيا من الأمراض المعدية التي تنتقل من شخص لآخر بشكل مباشر

# التكاثر في النباتات الزهرية

-يمكن تقسيم مملكة النبات إلي ٣ طوائف أساسية كما هو موضح بالمخطط التالي :




وفي هذا الدرس سنتناول آلية التكاثر في النباتات الزهرية بشيء من التفصيل.

## خصائــص النباتــات الزهريــة

١ مجموعة من النباتات البذرية تعرف بـ مغطاة البذور؛ لأن بذورها تنشأ داخل غلاف ثمري.
٢ تنتشر في البيئات المختلفة.
٣ تتفاوت في الحجم من أعشاب صغيرة إلى أشجار ضخمة.
٤ تمتلك عضو تكاثر متخصص يعرف بـ«الزهرة».

### الزهرة

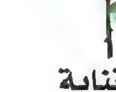
**الزهرة Flower**

عضـو التكاثـر الجنسـي فـي النباتـات الزهريـة، وهـي سـاق قصيـرة تحـورت أوراقهـا لتكويـن الأجـزاء الزهريـة المختلفـة.

**القنابة Bract**

ورقـة تخـرج مـن إبطهـا الزهـرة تختلـف فـي الشـكل واللـون مـن نبـات لآخـر قـد تكـون خضــراء أو حرشــفية أو غيـر ذلـك.

**الزهرة قد تكون:**

- ذات قنابة
أو
- بدون قنابة

- معنقة (تحمل على عنق)
أو
- جالسة (لا تحمل على عنق)

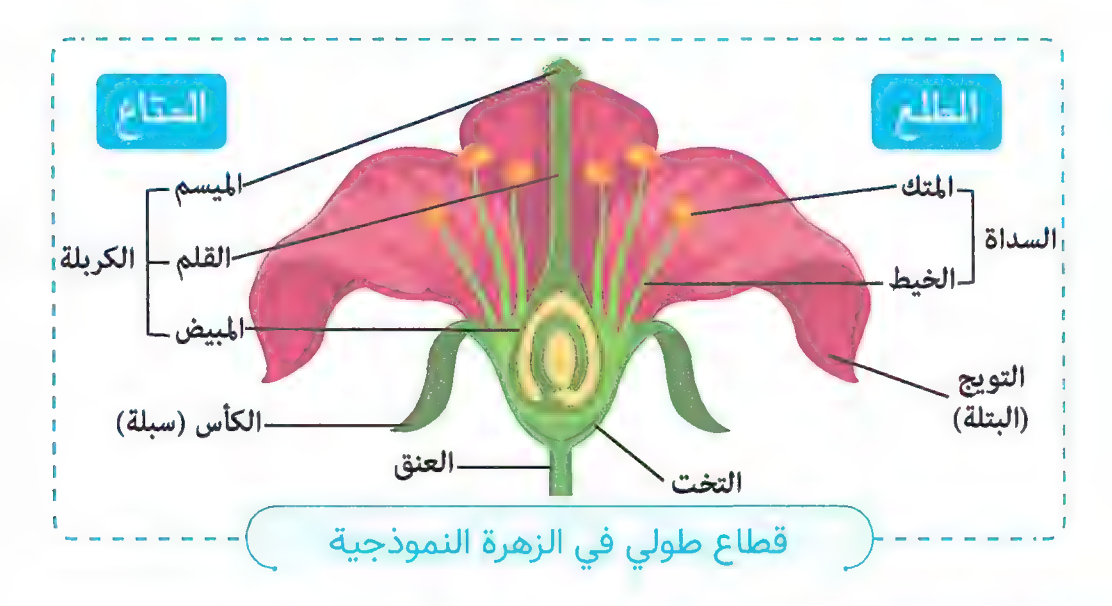



### النورات

تجمعات من الأزهار على المحور الزهري في تنظيمات متنوعة.

## تركيب الزهرة

تتركب الزهرة النموذجية أو الكاملة (الخنثى)، مثل: الفول، التفاح، البصل، البيتونيا من أربعة محيطات زهرية تتبادل أوراق كل منها مع أوراق المحيط الذي يليه، وهي كالتالي:

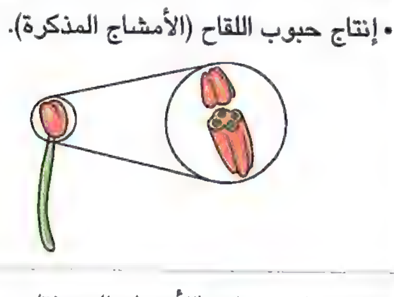
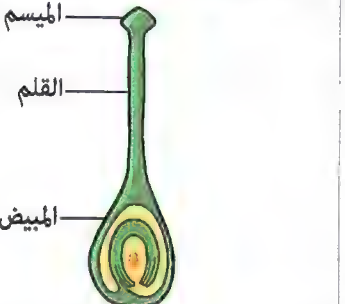


قطاع طولي في الزهرة النموذجية

### الزهرة النموذجية (الزهرة الكاملة أو الزهرة الخنثى)

زهرة تحتوي على أربع محيطات زهرية (كأس - تويج - طلع - متاع) حيث تتبادل أوراق كل محيط مع أوراق المحيط الذي يليه مثل زهرة الفول، التفاح، البصل، البيتونيا.

**مقارنة بين تراكيب الزهرة النموذجية:**

| | التكوين | الوظيفة |
|---|---|---|
| **الكأس** (المحيط الخارجي للزهرة) | – يتكون من: أوراق خضراء تسمى السبلات Sepals. | • حماية أجزاء الزهرة الداخلية من عوامل الجفاف أو الأمطار أو الرياح. |
| **التويج** (يلي الكأس للداخل) | – يتكون من: صف واحد أو أكثر من أوراق ملونة تسمى البتلات Petals. | • حماية الأجزاء الجنسية للزهرة.<br>• جذب الحشرات لإتمام عملية التلقيح. |
| **الطلع** (عضو التذكير في الزهرة) | – يتكون من: أوراق متعددة تسمى الأسدية Stamens كل منها مكون من:<br>• الخيط Filament: يحمل على قمته انتفاخ يسمى المتك.<br>• المتك Anther: يحتوي على أربعة أكياس من حبوب اللقاح. | • إنتاج حبوب اللقاح (الأمشاج المذكرة).<br> |
| **المتاع** (عضو التأنيث في الزهرة وهو يقع في مركزها) | – يتكون من: كربلة Carpel واحدة أو أكثر قد تلتحم أو تبقى منفصلة، وقد تحتوي غرفة واحدة أو أكثر وكل منها عبارة عن:<br>• المبيض Ovary: قاعدة الكربلة وهي منتفخة تحتوي على البويضات.<br>• القلم Style: عنق رفيع يعلو المبيض وينتهي بالميسم.<br>• الميسم Stigma: قرص لزج تلتصق عليه حبوب اللقاح. | • إنتاج البويضات (الأمشاج المؤنثة).<br><br> |

**ملحوظات**

• يصعب تمييز أوراق الكأس عن التويج في أزهار معظم نباتات الفلقة الواحدة، مثل: البصل والتيوليب. بسبب التحام المحيطان الخارجيان معًا (الكأس والتويج) ليكونا ما يُعرف بـ «غلاف زهري Perianth».



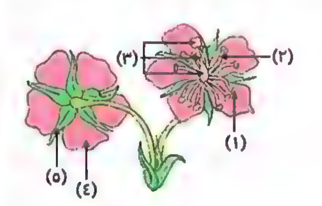
زهرة نبات البصل

## أسئلة الأداء الذاتي:

**١** المقطع العرضي للزهرة الموضحة بالشكل المقابل من المتوقع أن يكون لنبات ..........

Ⓐ البسلة
Ⓑ الورد البلدي
Ⓒ البصل
Ⓓ التوت

**٢** من خلال دراستك للشكل المقابل، ما نوع الأزهار المكونة لهذه الثمار؟



Ⓐ أزهار وحيدة طرفية ذات قنابة ومعنقة
Ⓑ أزهار وحيدة إبطية ذات قنابة وجالسة
Ⓒ أزهار متجمعة ذات قنابة ومعنقة
Ⓓ أزهار متجمعة ذات قنابة وجالسة

**٣** من خلال دراستك للشكل الذي أمامك، أي العبارات التالية صحيحة ؟

Ⓐ تتكون الأمشاج المؤنثة في (١)
Ⓑ المحيط (٣) تحتوي أحد مكوناته على الأمشاج المذكرة
Ⓒ المحيط (٤) له دور مباشر في حدوث الإخصاب
Ⓓ المحيط (٥) يحمي الأجزاء الزهرية خاصة قبل تفتح الزهرة

**٤** ادرس الرسم التخطيطي المقابل الذي يوضح محيطات زهرة كاملة النضج مرتبة من الخارج للداخل، ثم استنتج ما السبب الذي يؤكد حدوث التلقيح الذاتي في هذه الزهرة ؟

Ⓐ جذب (ص) للحشرات
Ⓑ نضج كل من (ع) ، (ل) في نفس الوقت
Ⓒ نضج (ل) قبل نضج (ع)
Ⓓ حماية (س) للمكونات الداخلية



**٥** أي النباتات التالية لا تتحور أوراقها لتكوين محيطات زهرية ؟

Ⓐ البصل  Ⓑ البطيخ  Ⓒ الباذنجان  Ⓓ كزبرة البئر



## وظائف الزهرة



## إنتاج حبوب اللقاح عن طريق الطلع

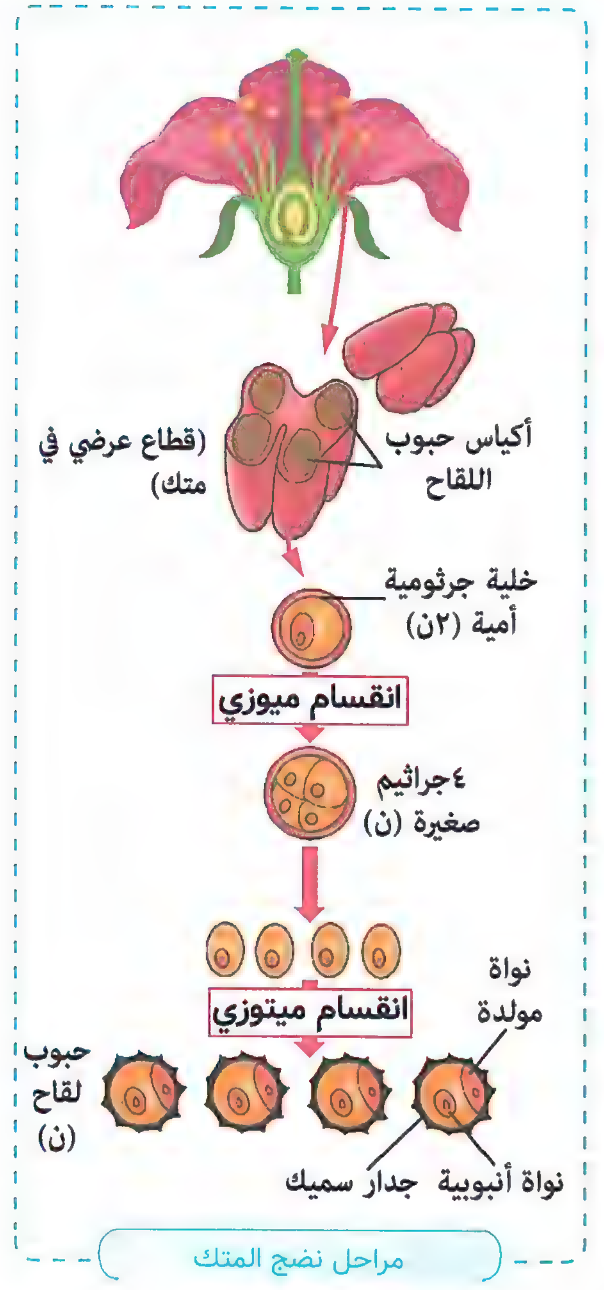
- عند فحص قطاع عرضي في متك ناضج لأحد الأسدية كبيرة الحجم كما الزنبق نشاهد أن المتك يحتوي على أربعة أكياس لحبوب اللقاح يتم فيها تكوين حبوب اللقاح، كالتالي:

1. أثناء نمو الزهرة تكون هذه الأكياس (قبل أن تتكون حبوب اللقاح) مليئة بخلايا كبيرة الأنوية تحتوي على عدد زوجي من الصبغيات (٢ن) تسمى الخلايا الجرثومية الأمية.

2. تنقسم كل خلية جرثومية أمية (٢ن) انقسامًا ميوزيًا لتكون أربع خلايا بكل منها عدد فردي من الصبغيات (ن) تسمى «الجراثيم الصغيرة Microspores».

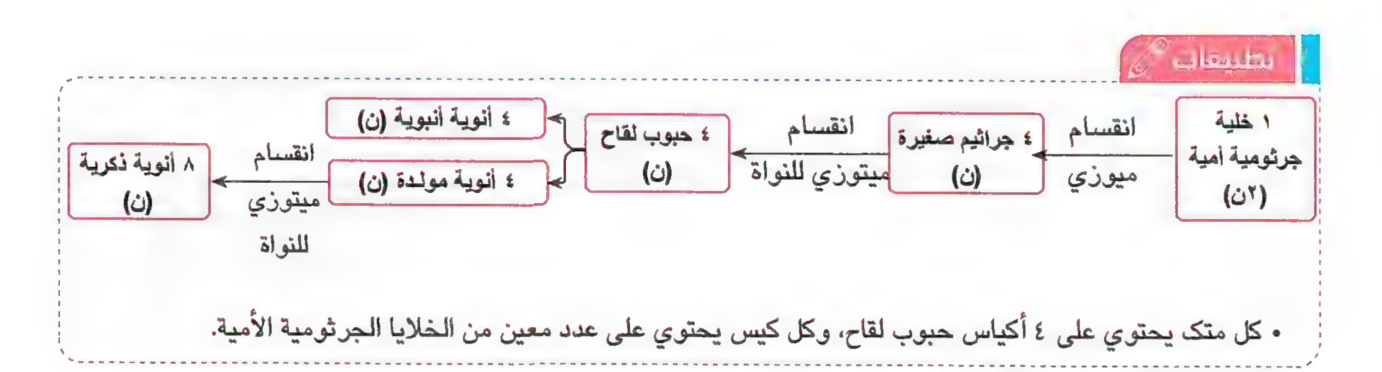
3. تنقسم نواة كل جرثومة صغيرة انقسامًا ميتوزيًا إلى نواتين تعرف إحداهما بـ«النواة الأنبوبية Tube nucleus» والأخرى بـ«النواة المولدة Generative nucleus» وبذلك تتكون حبة اللقاح ثم يتغلظ غلافها مكونًا جدار سميك لحمايتها، وبذلك ينتج عن كل خلية جرثومية أمية (٢ن) أربع حبوب لقاح ناضجة (ن).

4. يصبح المتك ناضجًا، ويتحلل الجدار الفاصل بين كل كيسين متجاورين وتتفتق الأكياس وتصبح حبوب اللقاح جاهزة للانتشار.



مراحل نضج المتك

### تطبيقات




- كل متك يحتوي على ٤ أكياس حبوب لقاح، وكل كيس يحتوي على عدد معين من الخلايا الجرثومية الأمية.

## ب إنتــاج البويضــات عــن طريــق المتــاع

✪ **شكل البويضة:** تظهر كانتفاخ بسيط على الجدار الداخلي للمبيض.

✪ **تركيب البويضة:** تحتوي كل بويضة على خلية جرثومية أمية كبيرة (٢ن)، ومع نمو البويضة:

- يتكون عنق أو حبل سري Funicle يصلها بجدار المبيض ويصل إليها من خلاله المواد الغذائية.
- يتكون حولها غلافان Integuments يحيطان بها تمامًا ما عدا ثقب صغير يسمى النقير Micropyle يتم من خلاله إخصاب البويضة ثم دخول الماء إلى البذرة عند الإنبات.

### خطوات تكوين المشيج المؤنث:

تتكون داخل البويضة خلية تسمى خلية البيضة وتعتبر المشيج المؤنث في النباتات الزهرية وتتكون كالتالي:

أ) تنقسم الخلية الجرثومية الأمية (٢ن) ميوزيًا لتعطي صفًا من أربع خلايا بكل منها عدد فردي من الصبغيات (ن).

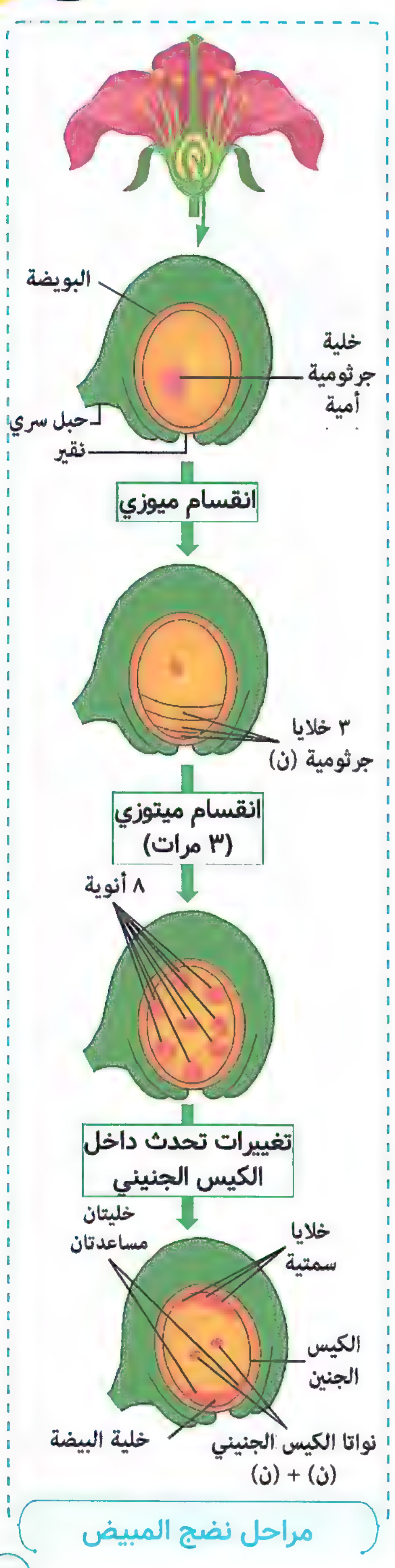
ب) تتحلل ثلاثة من هذه الخلايا وتبقى واحدة تنمو بسرعة مكونة الكيس الجنيني Embryo-sac الذي يحيط به نسيج غذائي يسمى «النيوسيلة Nucellus».

ج) تنقسم نواة الكيس الجنيني ميتوزيًا ثلاث مرات لإنتاج ٨ أنوية، تهاجر كل ٤ منها إلى أحد طرفي الكيس الجنيني.

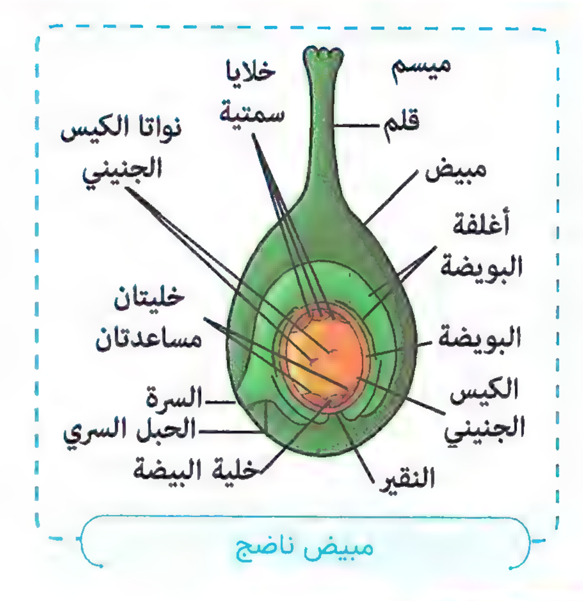
د) تنتقل واحدة من كل أربعة أنوية إلى وسط الكيس وتعرفان بـ«النواتان القطبيتان Polar Nuclei».

هـ) تحاط كل نواة من الثلاث الباقية في كل طرف بكمية من السيتوبلازم وغشاء رقيق لتكون خلايا.

و) تنمو من الثلاث خلايا القريبة من النقير واحدة وسطية لتصبح خلية البيضة وتعرف الخليتان الموجودتان على جانبيها بـ«الخليتين المساعدتين Synergids»، كما تعرف الخلايا الثلاث البعيدة عن النقير بـ«الخلايا السمتية Antipodal cells» وبذلك تكون خلية البيضة جاهزة للإخصاب.




مراحل نضج المبيض

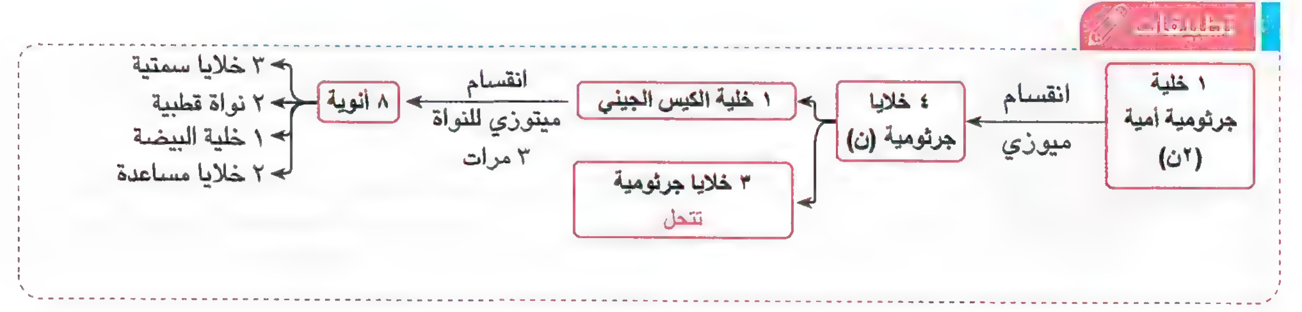



مبيض ناضج




بويضة ناضجة

## تطبيقات



## أسئلة الأداء الذاتي:

٦ في الشكل المقابل، يحدث الانقسام الميتوزي النووي في التركيب رقم .........

(١) (٢) (٣) (٤) (٥)

Ⓐ ٤ فقط
Ⓑ ٢، ٤ فقط
Ⓒ ٢، ٣، ٤
Ⓓ ٢، ٤، ٥

---



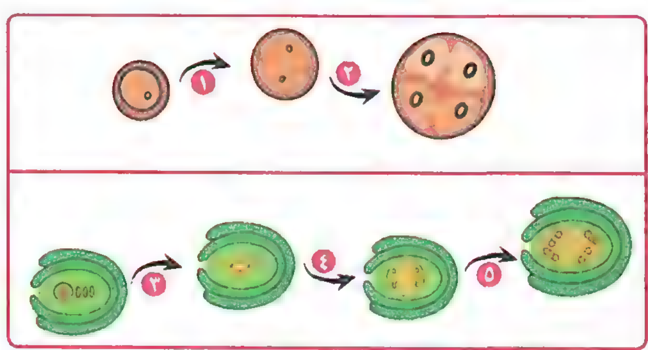
٧ يعبر الشكل المقابل عن قطاع عرضي في ......... تحت الميكروسكوب الضوئي.

Ⓐ مبيض نبات الذرة
Ⓑ متك نبات الزنبق
Ⓒ ميسم نبات القمح
Ⓓ بويضة مخصبة

---



٨ من خلال دراستك للشكل المقابل :




عدد جزيئات DNA في الخلايا الناتجة عن العملية (١) ......... عدد جزيئات DNA في الخلايا الناتجة عن العملية (٣).

Ⓐ نصف Ⓑ يساوى Ⓒ ضعف Ⓓ ٤ أمثال

---

٩ من خلال دراستك للمخططات التالية :




ما الخلايا المشار إليها بالرموز (س) و(ص) و(ع) ؟

| | خلايا (س) | خلايا (ص) | خلايا (ع) |
|---|---|---|---|
| Ⓐ | حوافظ عفن الخبز | حوافظ النبات الجرثومي | أكياس المتك |
| Ⓑ | أكياس المتك | حوافظ عفن الخبز | حوافظ النبات الجرثومي |
| Ⓒ | حوافظ عفن الخبز | أكياس المتك | حوافظ النبات الجرثومي |
| Ⓓ | حوافظ النبات الجرثومي | أنثريديا نبات الفوجير | أكياس المتك |

## ج التلقيح والإخصاب

### ١ عملية التلقيح في النباتات الزهرية

عمليـــة انتقال حبـــوب اللقاح من المتك إلى ميســـم الزهرة.

✪ **أنواع التلقيح:**

| | التلقيح الذاتي | التلقيح الخلطي |
|---|---|---|
| الشكل التوضيحي | | تلقيح خلطي بالهواء<br>تلقيح خلطي بالحشرات |
| المفهوم | انتقال حبوب اللقاح من متك الزهرة إلى ميسم نفس الزهرة أو ميسم زهرة أخرى على نفس النبات وهو الأقل شيوعًا. | انتقال حبوب اللقاح من متك الزهرة إلى ميسم زهرة أخرى على نبات آخر من نفس النوع وهو الأكثر شيوعًا. |
| التنوع الوراثي | أقل تنوعًا. | أكثر تنوعًا. |
| شرط الحدوث | تكون الأزهار خنثى بشرط:<br>– نضج شقي الأعضاء الجنسية في نفس الوقت.<br>– أن يكون مستوى المتك مرتفع عن مستوى الميسم. | ١ تكون الأزهار خنثى بشرط:<br>– نضج أحد شقي الأعضاء الجنسية قبل الآخر.<br>– أن يكون مستوى المتك منخفض عن مستوى الميسم.<br>٢ أن تكون الأزهار وحيدة الجنس (مذكرة أو مؤنثة). |
| الدور البيولوجي | • توفير الخلايا الذكرية (حبوب اللقاح) اللازمة لعملية إخصاب البويضة لتكوين البذرة.<br>• تحفيز نشاط الأوكسينات اللازمة لنمو المبيض إلى ثمرة ناضجة (حتى في حالة عدم حدوث إخصاب). | |

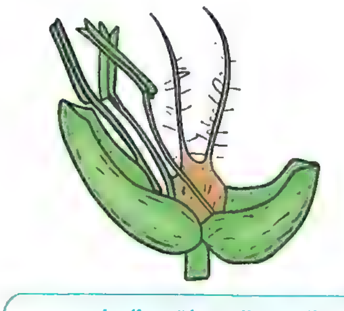
✪ **وسائل نقل حبوب اللقاح في التلقيح الخلطي:**

١– الهواء (في الأزهار المتدلية كبيرة المتك).

٢– الماء (في النباتات المائية غالبًا).

٣– الحشرات (في الأزهار الملونة جذابة الرائحة).

٤– الإنسان (كما في النخيل).



الزهرة التي تلقح بالرياح



الزهرة التي تلقح بالحشرات







## ٢ عملية الإخصاب في النباتات الزهرية

تشمل عملية الإخصاب خطوتان هامتان:

### ١ إنبات حبة اللقاح

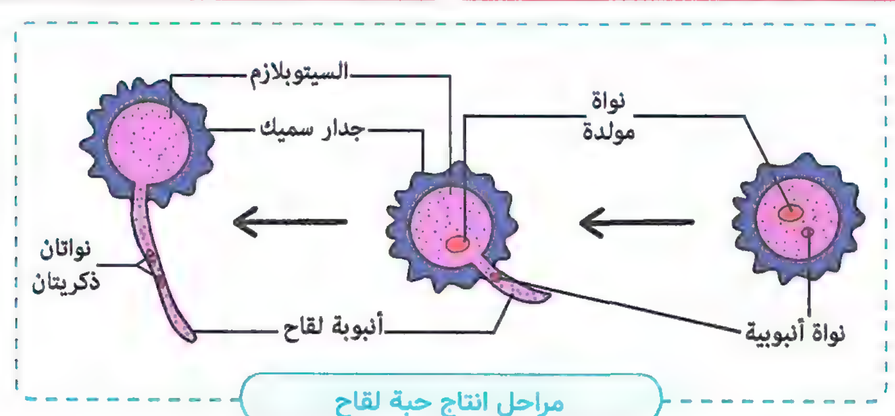
عندما تسقط حبة اللقاح على ميسم نبات من نفس النوع يحدث الآتي:

**النواة الأنبوبية**

تُكون أنبوبة لقاح تخترق الميسم والقلم حتى تصل إلى موقع ثقب النقير في المبيض ثم تتلاشى النواة الأنبوبية.

**النواة المولدة**

تنقسم انقسامًا ميتوزيًا مكونة نواتين ذكريتين داخل حبة اللقاح النابتة.




مراحل انتاج حبة لقاح

### ٢ الإخصاب المزدوج:

يتم على مرحلتين، هما:

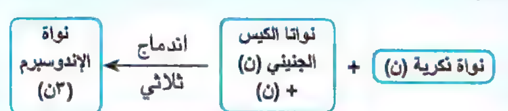
**إخصاب خلية البيضة**

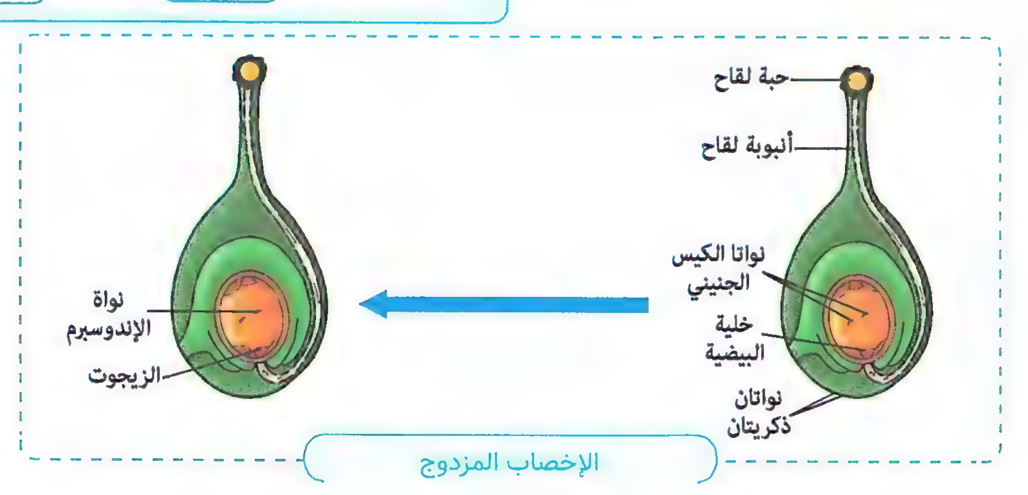
- تنتقل النواة الذكرية الأولى (ن) من حبة اللقاح إلى البويضة من خلال أنبوبة اللقاح.
- تندمج مع نواة خلية البيضة (ن) فيتكون زيجوت (٢ن).
- ينقسم ميتوزيًا مكونًا جنين.

نواة ذكرية (ن) + نواة البيضة (ن) ← إخصاب ← زيجوت (٢ن) ← انقسام ميتوزي ← جنين (٢ن)

**الاندماج الثلاثي**

- تنتقل النواة الذكرية الثانية (ن) من حبة اللقاح إلى البويضة.
- تندمج النواة الذكرية مع النواة الناتجة من اندماج نواتا الكيس الجنيني (٢ن) لتكوين نواة الإندوسبرم (٣ن).
- تنقسم نواة الإندوسبرم ميتوزيًا لتعطي نسيج الإندوسبرم الذي يغذي الجنين في مراحل نموه الأولى داخل البذرة ويبقى هذا النسيج خارج الجنين، فيشغل بذلك جزءً من البذرة.



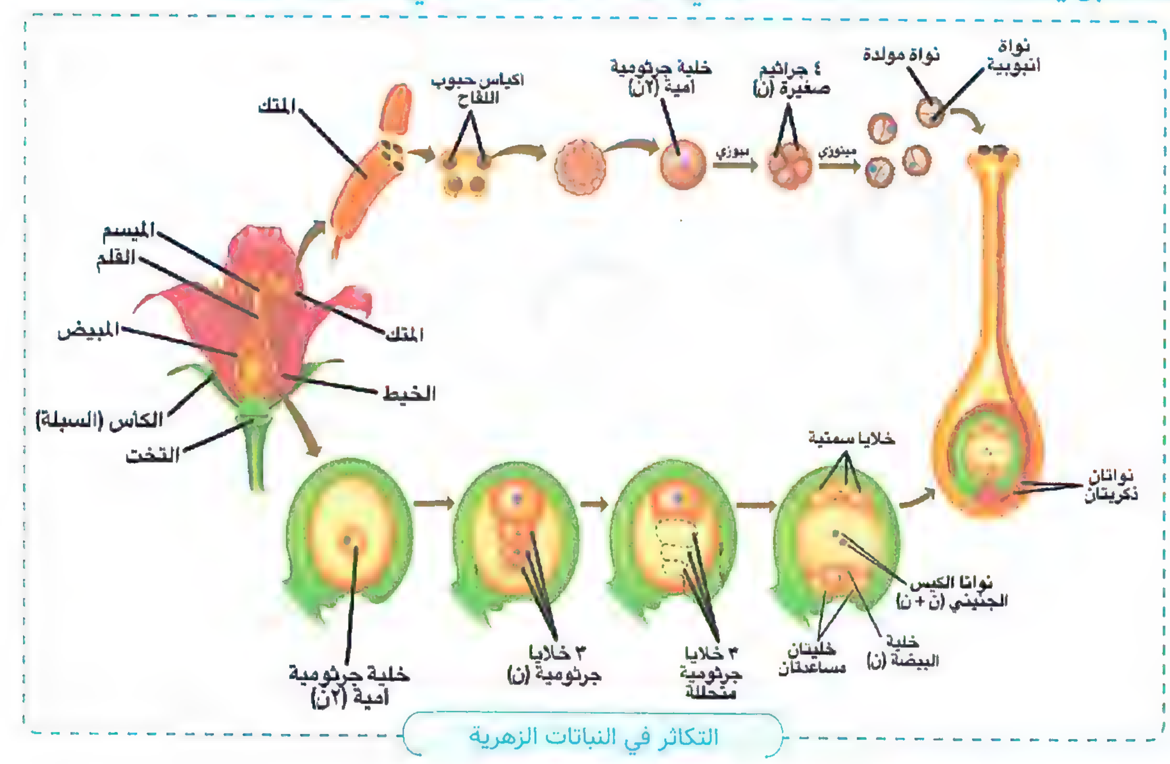




الإخصاب المزدوج

## الإخصاب المزدوج

اندماج إحدى النواتين الذكريتين (ن) من حبة اللقاح مع نواة خلية البيضة (ن) لتكوين الزيجوت (٢ن) الذي ينقسم مكونًا الجنين (٢ن)، واندماج النواة الذكرية الأخرى (ن) مع النواة الناتجة من اندماج نواتا الكيس الجنيني (النواتان القطبيتان) كل منهما (ن) لتكوين نواة الإندوسبرم (٣ن) التي تنقسم لتعطي نسيج الإندوسبرم.

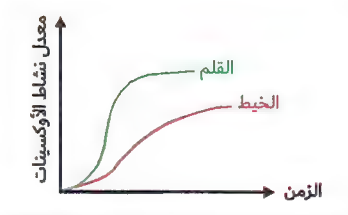
✪ ومما سبق يمكن أن نلخص مراحل التكاثر في النباتات الزهرية كما في الشكل المقابل .




التكاثر في النباتات الزهرية

## أسئلة الأداء الذاتي:

١٠ من دراسة الشكل البياني المقابل، ما نوع التلقيح السائد في هذه الزهرة بعد اكتمال نضجها ؟




Ⓐ ذاتي بسبب وجود أعضاء التذكير والتأنيث معا
Ⓑ خلطي من زهرة أخرى على نفس النبات
Ⓒ خلطي من زهرة أخرى على نبات آخر من نفس النوع
Ⓓ خلطي من زهرة أخرى على نبات آخر من نوع مختلف

١١ قام بعض الباحثين بوضع النبات الموضح بالشكل المقابل منفردًا فى بيئة معزولة عن غيره من النباتات وتوفير جميع الظروف المناسبة للنمو، أي من البدائل التالية يمثل عدد الثمار التي يمكن الحصول عليها في نهاية التجربة في الحالات التالية؟

| | بالتلقيح الذاتي فقط | بالتلقيح الخلطي بالهواء فقط | بالتلقيح الخلطي بالحشرات فقط |
|---|---|---|---|
| Ⓐ | صفر | ٢ | ٢ |
| Ⓑ | ٢ | ٢ | ٤ |
| Ⓒ | صفر | صفر | ٢ |
| Ⓓ | ٢ | ٢ | ٢ |

١٢ من خلال دراستك للشكل المقابل، ما نوع التلقيح الناتج عن انتقال حبوب اللقاح من الزهرة (س) إلى الزهرة (ص) ؟

(أ) تلقيح خلطي بالحشرات
(ب) تلقيح خلطي بالرياح
(ج) تلقيح ذاتي
(د) تلقيح خلطي أو ذاتي

١٣ ادرس الرسم البياني الذي يوضح حجم وريقات محيطين زهريين لأربع أزهار مختلفة الأنواع، ثم حدد: ما الرقم الذي يشير للزهرة التي تلقح بواسطة الحشرات ؟

(أ) (١)
(ب) (٢)
(ج) (٣)
(د) (٤)

## تكوين الثمار والبذور

بعد حدوث الإخصاب:



| يذبل | يبقى |
|---|---|
| الكأس | المبيض |
| التويج | |
| الطلع | |
| القلم | |
| الميسم | |



لكن هناك بعض الثمار التي تحتفظ بأجزاء من الزهرة، مثل:



◆ ثمرة الرمان



تبقى بها أوراق الكأس والأسدية



◆ ثمرة الباذنجان



تبقى بها أوراق الكأس

◆ ثمرة القرع

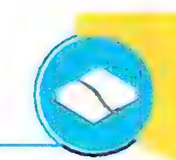


تبقى بها أوراق التويج

◆ البلح



تبقى بها أوراق الكأس





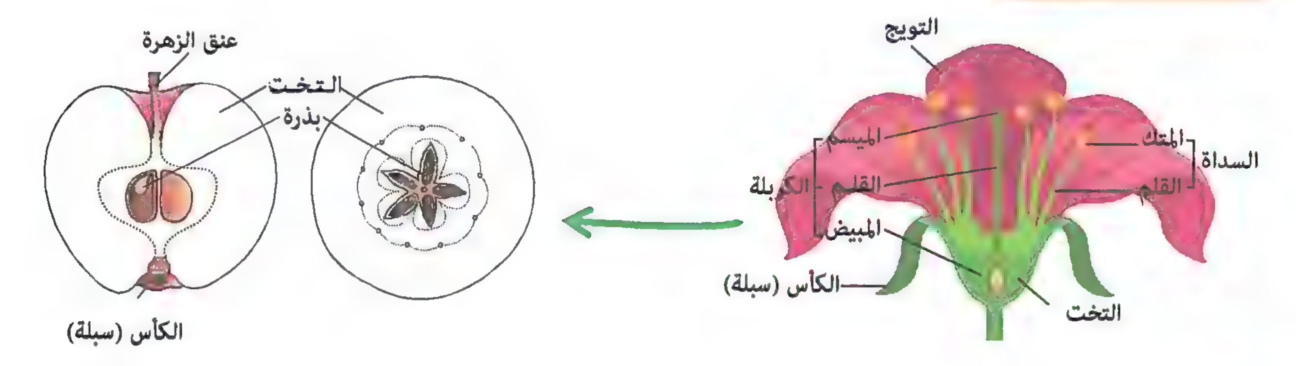

## ١ تكوين الثمرة

- يختـزن المبيـض الغـذاء فيكبـر فـي الحجـم وينضـج متحـولاً إلـى ثمـرة بفعـل الهرمونـات (أوكسـينات) التـي يفرزهـا المبيـض.
- يصبح جدار المبيض غلافًا للثمرة.
- قد تتكون نتيجة التلقيح فقط أو التلقيح والإخصاب معًا.

✪ يوجد نوعان من الثمار:

| ثمرة حقيقية | ثمرة كاذبة |
|---|---|
| - هـي الثمـرة التـي يتشـحم فيهـا المبيـض بالـغـذاء بفعـل الهرمونـات (الأوكسـينات) التـي يفرزهـا المبيض.<br>مثل:<br>الباذنجان والرمان والقرع والبلح. | - هــي الثمـرة التي يتشـحم فيهـا أي جزء غير مبـيضها بالغذاء.<br>مثل:<br>ثمـرة التفـاح ، حيـث يتشـحم فيهمـا التخـت وهـو مـا يـؤكل. |

### الثمــرة الكاذبــة




## ٢ تكوين البذرة

- تتكـون نتيجـة إخصـاب البيضـة والاندمـاج الثلاثـي ثـم تتحلـل الخليتـان المساعدتـان والخلايـا السـمتية ويبقـي ثقـب النقيـر ليدخـل منـه إلـى المـاء البـذرة عند الإنبـات.
- يصبح جدار البويضة غلافًا للبذرة.
- تتكون نتيجة الإخصاب المزدوج ولا تتكون نتيجة التلقيح فقط.

### ملحوظات

- يـؤدي نضـج الثمـار والبـذور (غالبًـا) إلـى تعطيـل النمـو الخضـري للنبـات وأحيانـا إلـى موتـه خاصتـه فـي النباتـات الحيويـة.

بسبب:
١- استهلاك المواد الغذائية المختزنة.
٢- تثبيط نشاط الهرمونات أثناء تكوين الثمار والبذور.

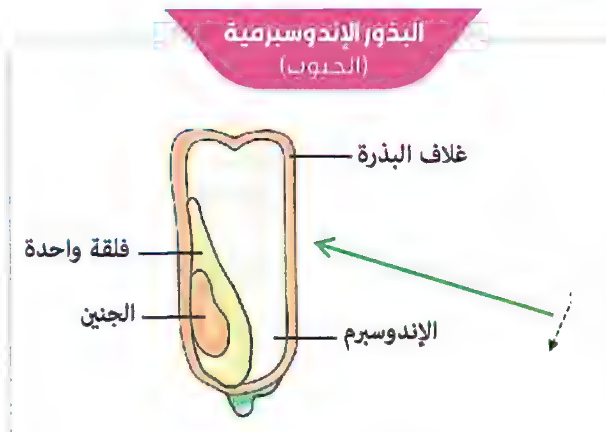






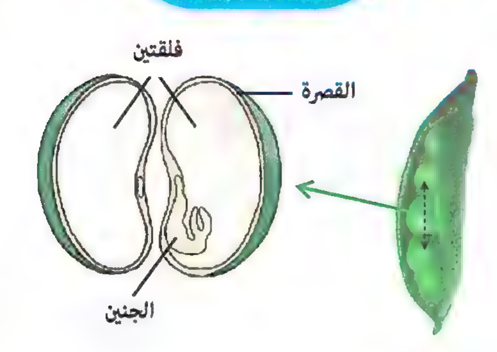
✪ يوجد نوعان من البذور:

**البذور الإندوسبرمية (الحبوب)**



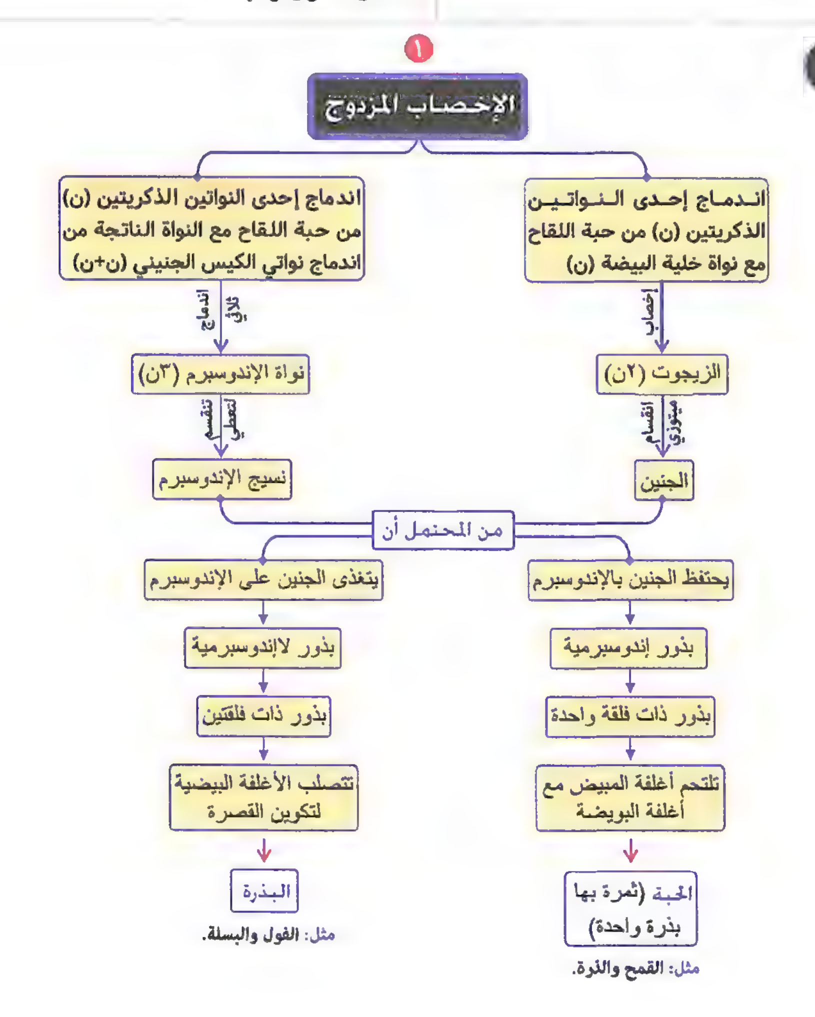

- بذور ذات فلقة واحدة.
- يحتفظ الجنين بالإندوسبرم فيظل موجودًا بها.
- تلتحم أغلفة المبيض مع أغلفة البويضة لتكوين ثمرة بها بذرة واحدة تعرف بـ«الحبة».
- يصعب فصل الثمرة عن البذرة.
- يحصل الجنين على الغذاء أثناء الإنبات من تحلل الإندوسبرم.
- مثل: القمح والذرة.

**البذور اللاإندوسبرمية (البذور)**




- بذور ذات فلقتين.
- يتغذى الجنين على الإندوسبرم أثناء تكوينه فيضطر النبات إلى تخزين غذاء آخر للجنين في فلقتين.
- تتصلب الأغلفة البيضية لتكوين القصرة وتعرف بالبذرة.
- يسهل فصل الثمرة عن البذرة.
- يحصل الجنين على الغذاء أثناء الإنبات من التحلل المائي للبروتين في الفلقتين.
- مثل: الفول والبسلة.

**مخططات:**



## الزهرة

في حالة:

- **عدم حدوث تلقيح وإخصاب** ← تذبل الزهرة وتسقط
- **حدوث تلقيح فقط (دون حدوث إخصاب)** ← تحفيز نشاط الأوكسينات اللازمة لنمو المبيض إلى ثمرة ناضجة بدون بذور
- **حدوث تلقيح وإخصاب**:
  - **المحيطات الزهرية** ← يذبل الكأس والتويج والطلع والقلم والميسم، أو قد ← تحتفظ بعض الثمار بأجزاء منها، مثل:
    - الكأس: ثمرة الباذنجان والبلح
    - الكأس والأسدية: ثمرة الرمان
    - التويج: ثمرة القرع
  - **جدار المبيض** يتحول إلى ← غلاف الثمرة
  - **المبيض** يتحول إلى ← ثمرة
  - **جدار البويضة** يتحول إلى ← غلاف البذرة
  - **البويضة** تتحول إلى ← بذرة:
    - إندوسبرمية (حبة)
    - لاإندوسبرمية (بذرة)
  - **خلية البيضة** تتحول إلى ← جنين
  - **نواتا الكيس الجنيني** تتحول إلى ← نسيج الإندوسبرم:
    - يبقى في الحبوب (فلقة واحدة)
    - يتحلل في البذور (فلقتين)
  - **الخلايا السمتية** و**الخليتان المساعدتان** ← تتحلل
  - **النقير** ← يبقى ليدخل منه الماء إلى البذرة عند الإنبات

تطبيقات

- عدد الثمار = عدد المبايض.
- عدد البذور = عدد البويضات المخصبة.
- عدد الأنوية التي تشارك في تكوين البذرة أو الحبة = ٥ أنوية (٢ نواتا الكيس الجنيني، ١ نواة البيضة، ٢ نواتين ذكريتين).
- عدد البويضات المخصبة في زهرة النباتات التي تحتوي على بذرة واحدة مثل (المشمش - المانجو) = ١
- عدد المجموعات الصبغية داخل الكيس الجنيني قبل الإخصاب = ٨ مجموعات (٢ مساعدة، ٣ سمتية، ٢ قطبية، ١ بيضة).

## الإثمار العذري Parthenocarpy

تكوين ثمار بدون بذور لأنها تتكون بدون إخصاب ولا يعتبر تكاثر.

- أنواعه:

١ طبيعي: كما في الموز والأناناس

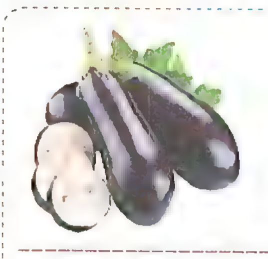


٢ صناعي: يتم بطريقتين:

- رش مياسم الأزهار بخلاصة حبوب اللقاح (حبوب لقاح مطحونة في الإثير كحولي).
- استخدام أندول أو نافثول حمض الخليك.

؛ لتنبيه المبيض لتكوين ثمرة ناضجة.

## أسئلة الأداء الذاتي:

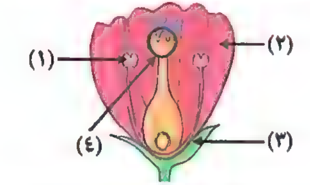


⑭ أي البدائل التالية تعبر عن الثمار الموضحة بالشكل المقابل تعبيرا صحيحًا ؟
(أ) ثمار حقيقية أحادية البذرة
(ب) ثمار كاذبة خالية من البذور
(ج) ثمار حقيقية تحتفظ بأوراق البتلات
(د) ثمار يتشحم فيها المبيض بالغذاء

⑮ الشكل البيانى المقابل يعبر عن عدد حبوب اللقاح اللازمة لتلقيح ٣ أزهار مختلفة من نباتات مختلفة بحيث يتم إخصاب جميع البويضات الموجودة داخل مبايض الأزهار الثلاثة ،

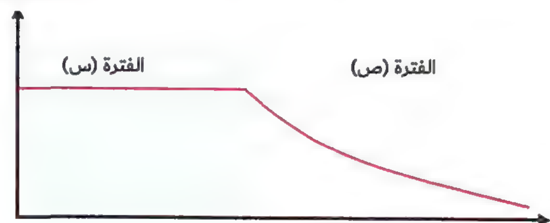
عدد حبوب اللقاح
١ ٢ ٣ ٤ ٥ ٦ ٧
س ص ع
النبات

أي الخيارات التالية تمثل (س) و(ص) و(ع) على الترتيب ؟
(أ) نبات البازلاء – نبات الذرة – نبات المشمش
(ب) نبات الذرة – نبات البازلاء – نبات المشمش
(ج) نبات البازلاء – نبات المشمش – نبات الفول السودانى
(د) نبات الفول السودانى – نبات المشمش – نبات البازلاء




⑯ في الشكل المقابل : ما التركيب الذي لا يمكن رؤيته في ثمار الرمان والقرع بعد تكونها ؟
(أ) التركيب (١)
(ب) التركيب (٤)
(ج) التركيب (٣)
(د) التركيب (٢)

⑰ الرسم البيانى التالي يعبر عن كمية الإندوسبرم في حبة قمح خلال فترة زمنية، ادرسه جيدًا ثم أجب :




(١) أي البدائل التالية يمكن استنتاجها من دراسة الشكل ؟
(أ) تتعرض حبة القمح للجفاف خلال الفترة (ص)
(ب) يبدأ إنبات حبة القمح من بداية الفترة (س)
(ج) تظل حبة القمح كامنة بدون إنبات خلال الفترة (ص)
(د) يبدأ إنبات حبة القمح من نهاية الفترة (س)

(٢) تقل كمية الإندوسبرم في نهاية الفترة (ص) بسبب ..........
(أ) تغذية الجنين وتكوين غذاء جديد في فلقتين
(ب) عدم القيام بعملية البناء الضوئي
(ج) استهلاكه في الانقسام الميتوزى أثناء عملية الإنبات
(د) وضع حبة القمح في محلول ملحي مركز

⑱ ما شكل قرون البسلة الناتجة من معاملة الأزهار بمسحوق حبوب اللقاح في محلول الإثير؟
(أ) فارغة من البذور
(ب) أكثر طولًا
(ج) أكبر حجمًا
(د) قليلة البذور

⑲ أي البدائل التالية تعبر عن نتائج رش مياسم أزهار البطيخ مبكرة التذكير بأندول حمض الخليك ؟
(أ) تتكون ثمرة بطيخ بها بذور
(ب) تتكون ثمرة بطيخ خالية من البذور
(ج) لا تتكون ثمرة بطيخ لعدم نضج المبيض
(د) لا تتكون ثمرة بطيخ لعدم حدوث إخصاب



الـدرس الرابع

# الفصل 3 من بداية التكاثر في الإنسان حتى نهاية دورة الطمث

ينتمي الإنسان إلى طائفة الثدييات التي تتميز بحمل الجنين حتى الولادة، ولذا فإن:

- بويضات الثدييات صغيرة الحجم وشحيحة المح؛ فسر ؟

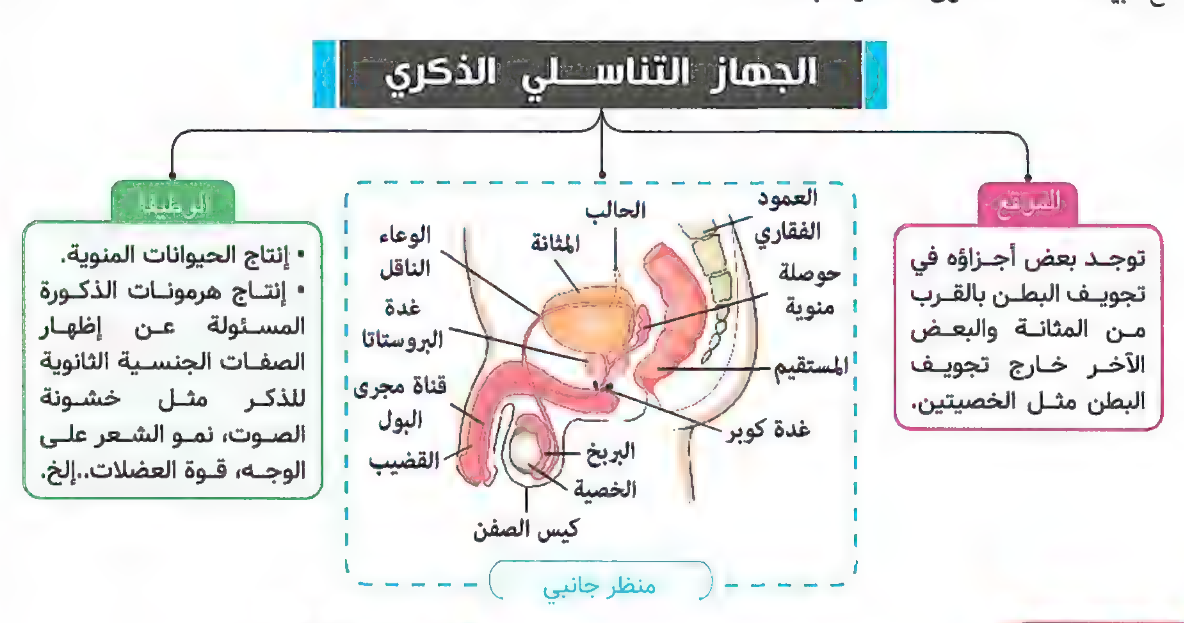
لاعتماد الجنين على الأم في الحصول على الغذاء لتكونه داخل الرحم.

- إنتاج الثدييات للصغار يكون محدودًا؛ فسر ؟

لأن الصغار تمر بفترة نمو داخل رحم الأم ثم يقوم الأبوان برعايتهم لفترة حيث تصل هذه الرعاية أقصاها في الإنسان الذي تحتاج صغاره إلى سنوات طوال من التربية نظرًا لتقدم عقله وتميز هيئته.

- تساؤل: أيهما أكبر حجمًا مع التفسير بيضة الفيل أم بيضة العصفور ؟

- بيضة العصفور أكبر حجمًا؛ لأن جنين العصفور يتكون خارجيًا لذا يحتاج إلى الغذاء المدخر داخل مح البيضة فتكون كبيرة الحجم بينما الفيل من الثدييات التي تتكون فيها الأجنة داخل الرحم فلا تعتمد بشكل أساسي على مح البيضة لذلك تكون أصغر حجمًا.




## التركيب

### ١ الخصيتان Testis:

✪ **الموقع:** محاطة بكيس الصفن الذي يتدلى خارج البطن؛ للحفاظ على درجة حرارة الخصيتين منخفضة عن درجة حرارة الجسم بحوالي درجتين (٣٥ درجة مئوية) بما يناسب تكوين الحيوانات المنوية فيها.

✪ **الوظيفة:**

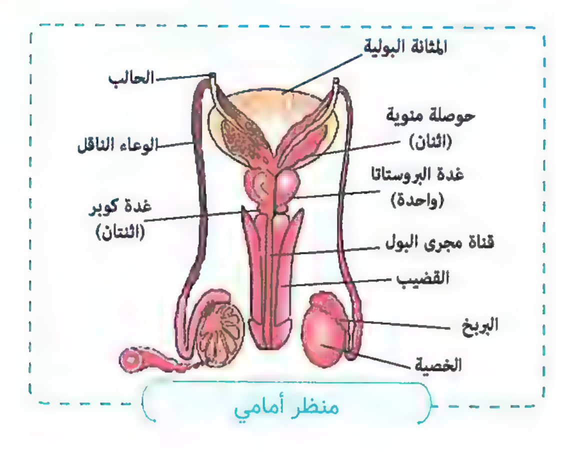
- إنتاج الحيوانات المنوية.
- إفراز هرمون التستوستيرون المسئول عن إظهار الصفات الجنسية الثانوية للذكر عند البلوغ ونمو البروستاتا والحوصلتين المنويتين.

**ملحوظات**

- تنتقل الخصيتان من تجويف البطن إلى كيس الصفن في الجنين خلال الأشهر الأخيرة من الحمل، فإذا تعطل خروجهما تتوقفان عن إنتاج المني عند البلوغ مما يسبب العقم .

**تطبيقات**

- يوصي الخبراء بعدم ارتداء الرجال الملابس الضيقة أو المصنوعة من ألياف بصفة مستمرة؛ لأن هذه الملابس تؤدي لارتفاع درجة حرارة الخصيتين بما لا يناسب نضج وتكوين الحيوانات المنوية مما يؤدي إلى موتها وبالتالي الإصابة بالعقم.




## ٢ البربخان Epididymis:

✪ **الموقع:** كل منهما عبارة عن قناة تلتف حول نفسها تخرج من الخصيتين وتصب في قناة تسمى «الوعاء الناقل».

✪ **الوظيفة:** يتم فيهما تخزين الحيوانات المنوية واكتمال نضجها في مدة أقصاها من ٣٠ إلى ٦٠ يوم ثم تتحلل في حالة عدم حدوث قذف.

## ٣ الوعاءان الناقلان Vas Deferens:

✪ **الوظيفة:** يقوم كل منهما بنقل الحيوانات المنوية من البربخ إلى قناة مجري البول عن طريق انقباض العضلات اللاإرادية الملساء أثناء القذف.

## ٤ الغدد التناسلية الملحقة Accessory Sexual Glands:

- **الحوصلتان المنويتان Seminal Vesicles:** تقومان بإفراز سائل قلوي يحتوي على سكر الفركتوز لتغذية الحيوانات المنوية خارج الخصية.
- **غدة البروستاتا Prostate وغدتا كوبر Cowper Glands:** تقومان بإفراز سائل قلوي يمر في قناة مجري البول (قبل مرور الحيوانات المنوية مباشرةً) فيعمل على معادلة وسطها الحامضي ليصبح وسطًا مناسبًا لمرور الحيوانات المنوية.

## ٥ القضيب Penis:

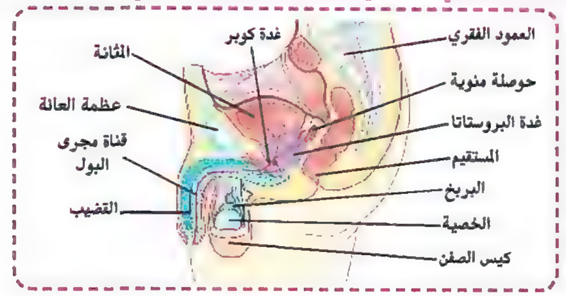
- عضو يتكون من نسيج أسفنجي تمر فيه قناة مجري البول التي ينتقل عن طريقها البول والحيوانات المنوية كل على حدة.

**مما سبق نستنتج أن:** السائل المنوي Semen الذي يخرج من الذكر أثناء القذف يتكون من:
- الحيوانات المنوية داخل الأنيبيبات المنوية بالخصية.
- سائل قلوي يحتوي على سكر الفركتوز تفرزه الحوصلتان المنويتان.
- سائل قلوي تفرزه غدة البروستاتا وغدتا كوبر.

### للاطلاع فقط

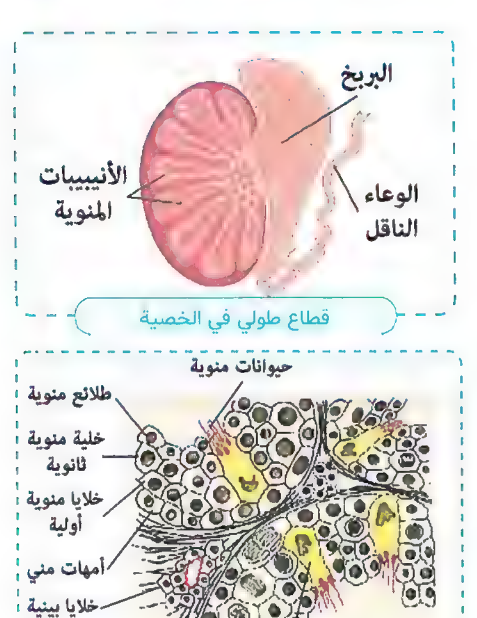
◆ عملية القذف ejaculation :
- التعريف: عملية حيوية ينظمها الجهاز العصبي الذاتي (السمبثاوي والباراسمبثاوي) يتم فيها خروج السائل المنوي عن طريق انقباض العضلات الملساء .
- تتناسب لزوجة السائل المنوي تناسبا عكسيًا مع قدرة التخصيب لدى الذكور نظرا لزيادة المقاومة التي تلقاها الحيوانات المنوية فكلما زادت لزوجة السائل المنوي زادت المقاومة التي تلقاها الحيوانات المنوية مما يسبب ضعف وإجهاد الحيوانات المنوية .

◆ من دراسة الشكل التالي الذي يمثل الجهاز التناسلي الذكري في الإنسان يمكن ملاحظة ما يلي:




١- توجد الحوصلتان المنويتان خلف المثانة البولية بينما توجد كل من البروستاتا وغدتا كوبر أسفل المثانة البولية.
٢- البروستاتا هي أكبر الغدد الملحقة بالجهاز التناسلي الذكري.
٣- تمر قناة مجري البول خلال البروستاتا ولذا قد يؤدي تضخم البروستاتا لدى كبار السن إلى الضغط على قناة مجري البول واحتباس البول داخل المثانة البولية.

## التركيب المجهري للخصية




- من خلال دراسة القطاع العرضي للخصية، يتضح أنها تتكون من:

**① الأنيبيبات المنوية:**

- توجد بعدد كبير داخل الخصية.
- كل أنيبة يوجد بداخلها نوعين من الخلايا هما:

**☆ خلايا جرثومية أمية (٢ن):**

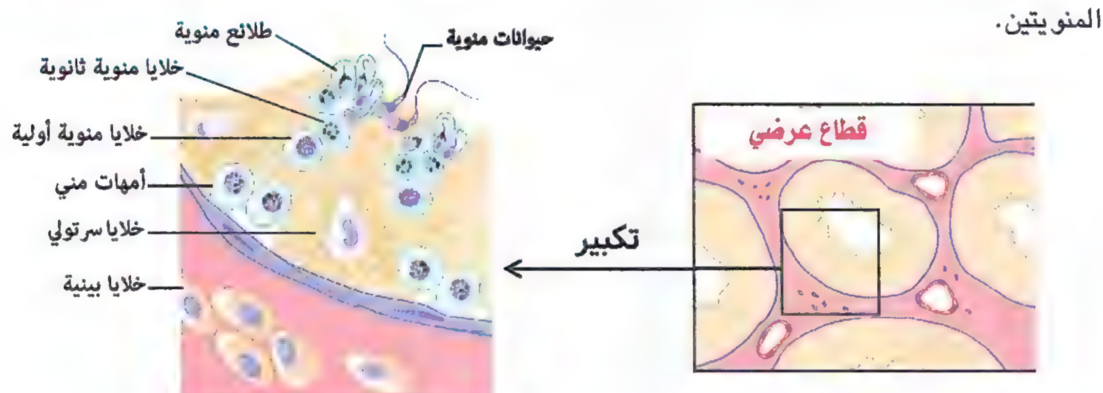
- موقعها: تبطن الأنيبيات المنوية من الداخل.
- وظيفتها: تنقسم عدة انقسامات لتكون الحيوانات المنوية في النهاية.

**☆ خلايا سرتولي (٢ن):**

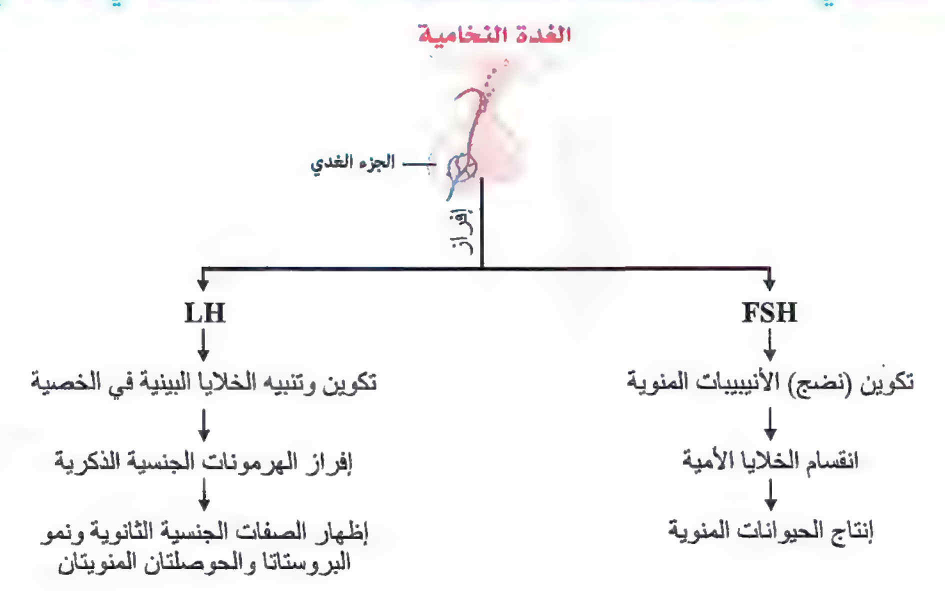
- وظيفتها: تفرز سائل يعمل على تغذية الحيوانات المنوية داخل الخصية كما يُعتقد أن لها وظيفة مناعية أيضًا.

**② خلايا بينية:**

- الموقع: توجد بين الأنيبيبات المنوية.
- الوظيفة: إفراز هرمون التستوستيرون المسئول عن إظهار الصفات الجنسية الثانوية للذكر عند البلوغ، ونمو البروستاتا والحوصلتين المنويتين.




- تتحكم الغدة النخامية في عملية تكوين الحيوانات المنوية وتنظيم إفراز الهرمونات الجنسية على النحو التالي :



## للاطلاع فقط

- قد يتأخر نزول الخصيتين في كيس الصفن خارج تجويف البطن عند بعض الذكور حديثي الولادة بنسبة ١٠٪ نتيجة عوامل بيئية أو هرمونية ولمدة عامين بعد الولادة.
- **تأثير تأخر نزول الخصيتين عن عامين بعد الولادة بالنسبة لـ:**
  - **الخلايا الجرثومية الأمية:** تتأثر بارتفاع درجة الحرارة مما يؤدي لموتها وتوقفها عن إنتاج الحيوانات المنوية عند البلوغ مما يسبب العقم.
  - **الخلايا البينية:** لا تتأثر بالارتفاع في درجة الحرارة لأنها مقاومة للتغيرات المحيطة بها وتستمر في إفرازها للهرمونات الجنسية الذكرية عند البلوغ مما يؤدي إلى ظهور الصفات الجنسية الثانوية الذكرية.

## مراحل تكوين الحيوانات المنوية

**تمر عملية تكوين الحيوانات المنوية بأربع مراحل هامة، وهي كالتالي:**

جميع المراحل تحدث عند البلوغ في الذكر

| المرحلة | ما يحدث فيها | ما يصاحبها |
|---|---|---|
| (١) مرحلة التضاعف | تنقسم الخلايا الجرثومية الأمية (٢ن) انقسامًا ميتوزيًا عدة مرات لتنتج عدد كبير من الخلايا تسمى أمهات المني (٢ن). | يصاحبها ثبات في المادة الوراثية. |
| (٢) مرحلة النمو | تختزن فيها أمهات المني (٢ن) قدرًا من الغذاء فتتحول إلى خلايا منوية أولية (٢ن). | يصاحبها ثبات في المادة الوراثية. |
| (٣) مرحلة النضج | - تنقسم الخلايا المنوية الأولية (٢ن) انقسام ميوزي أول فتعطي خلايا منوية ثانوية (ن).<br>- تنقسم الخلايا المنوية الثانوية (ن) انقسام ميوزي ثان فتعطي طلائع منوية (ن) | يصاحبها اختزال في عدد الصبغيات إلى النصف. |
| (٤) مرحلة التشكل النهائي | - تتحول فيها الطلائع المنوية (ن) إلى حيوانات منوية (ن).<br>- يتحول فيها الطور الساكن إلى طور متحرك. | يصاحبها ثبات في المادة الوراثية. |

خلية جرثومية أمية (٢ن)
انقسام ميتوزي
أمهات مني (٢ن)
خلية منوية أولية (٢ن)
انقسام ميوزي أول
خلية منوية ثانوية (ن)
انقسام ميوزي ثاني
طلائع منوية (ن)
حيوانات منوية (ن)

### ملحوظات

- تتكون الأمشاج في النبات بانقسام ميوزي ثم ميتوزي، بينما تتكون الأمشاج في الإنسان بانقسام ميتوزي ثم ميوزي.








## تركيب الحيوان المنوي

### ١ الرأس

تحتوي على:

- نواة: توجد في مؤخرة رأس الحيوان المنوي تحتوي على ٢٣ كروموسوم.
- جسم قمي (أكروسوم): يوجد في مقدمة رأس الحيوان المنوي.

وظيفته: إفراز إنزيم الهيالويورنيز الذي يعمل على إذابة جزء من غلاف البويضة المتماسك بفعل حمض الهيالويورنيك مما يسهل من عملية اختراق الحيوان المنوي للبويضة (يعمل عمل جهاز جولجي داخل الخلية الحية).

### ٢ العنق

يحتوي على سنتريولين (جسم مركزي) يلعبان دورًا في انقسام البويضة المخصبة.

### ٣ القطعة الوسطى

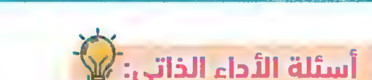
تحتوي على ميتوكوندريا تكسب الحيوان المنوي الطاقة اللازمة لحركته.

### ٤ الذيل

- يتكون من محور ينتهي بقطعة ذيلية.
- يساعد على حركة الحيوان المنوي حتى يصل للبويضة لإتمام عملية الإخصاب.

الرأس — الجسم القمي — النواة — العنق — الجسم المركزي (السنتريولان) — القطعة الوسطى — الميتوكوندريا — محور الذيل — الذيل — القطعة الذيلية

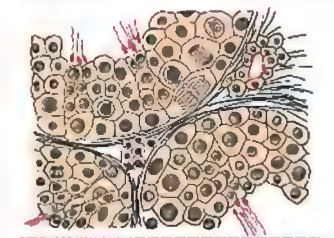
تركيب الحيوان المنوي




١ أي البدائل التالية تعبر عن نوع الغدد الملحقة بالجهاز التناسلي الذكري وقيمة الأس الهيدروجيني للسائل الذي تفرزه ؟

| | نوع الغدد | قيمة الأس الهيدروجيني للسائل |
|---|---|---|
| Ⓐ | صماء | ٥,٢ |
| Ⓑ | قنوية | ٥,٢ |
| Ⓒ | صماء | ٧,٤ |
| Ⓓ | قنوية | ٧,٧ |

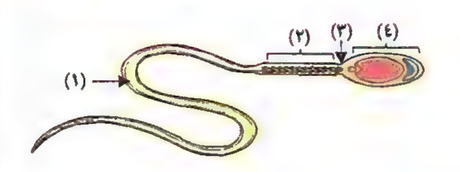
٢ الشكل المقابل يعبر عن قطاع عرضي مأخوذ من خصية ....................



Ⓐ شخص سليم بسبب تكون الحيوانات المنوية
Ⓑ شخص عقيم بسبب عدم خروج الخصية من تجويف البطن
Ⓒ شخص سليم بسبب وجود الخلايا البينية
Ⓓ شخص عقيم بسبب نقص تغذية الحيوانات المنوية

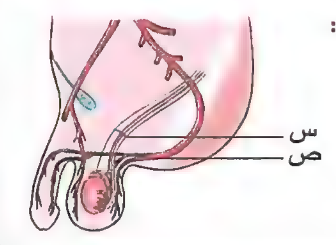


٣ من الشكل المقابل : أي الأجزاء التالية مسئول عن إتمام عملية التلقيح ؟




Ⓐ ١ فقط
Ⓑ ١، ٣
Ⓒ ٢، ١
Ⓓ ٤، ٢

٤ الشكل المقابل يعبر عن الإمداد الدموي للجهاز التناسلي الذكري. افحص الشكل جيدًا ثم أجب:



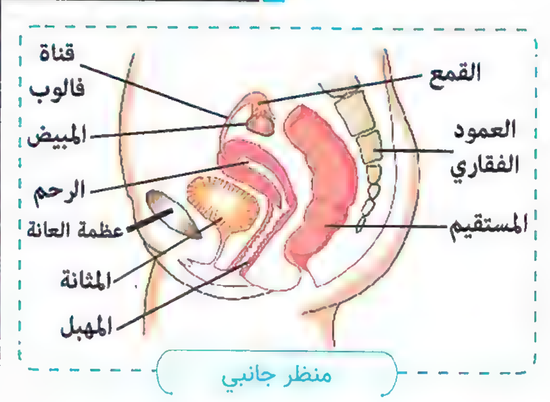

١) أي الوظائف التالية تتأثر بصورة مباشرة عند حدوث جلطة في الوعاء الدموي (س) ؟

Ⓐ نقل هرمون التستوستيرون من الخلايا البينية
Ⓑ نقل هرمون التحوصل إلى الأنيبيبات المنوية
Ⓒ تنظيم درجة الحرارة اللازمة لتكوين الحيوانات المنوية
Ⓓ نقل الحيوانات المنوية من الأنيبيات المنوية

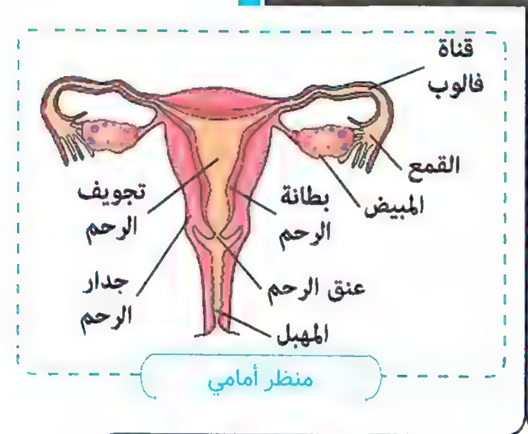
٢) جميع العمليات التالية تتأثر بصورة مباشرة عند حدوث جلطة في الوعاء الدموي (ص) ماعدا .....
Ⓐ تنظيم درجة الحرارة اللازمة لتكوين الحيوانات المنوية
Ⓑ انتصاب القضيب أثناء عملية الجماع
Ⓒ نقل الحيوانات المنوية من الأنيبيبات المنوية
Ⓓ نقل هرمون التستوستيرون إلي خلايا النسيج الإسفنجي

٥ النسبة بين عدد الحيوانات المنوية الناتجة من انقسام خلية جرثومية أمية مرتين متتاليتين وعدد الحيوانات المنوية الناتجة من انقسام ٤ خلايا منوية أولية مرة واحدة فقط يساوي .........
Ⓐ ١:٢
Ⓑ ١:١
Ⓒ ٢:١
Ⓓ ٤:١

## الجهاز التناسلي الأنثوي



منظر جانبي



منظر أمامي

**الموقع**

تتجمع أعضاؤه في منطقة الحوض خلف المثانة مثبتة في مكانها بأربطة مرنة حتى تسمح بتمددها أثناء الحمل بالجنين.

**الوظيفة**

- إنتاج البويضات.
- إنتاج هرمونات الأنوثة.
- تهيئة مكان آمن لإتمام عملية إخصاب البويضة.
- إيواء الجنين حتى الولادة.

## التركيب

### ١ المبيضان Ovaries:

✪ **الموقع:** يوجدان على جانبي تجويف الحوض.

✪ **الشكل:** بيضاوي في حجم اللوزة المقشورة.

✪ **الوظيفة:**
- إنتاج البويضات.
- إفراز هرمونات البلوغ وهرمونات تنظيم دورة الطمث وتكوين الجنين.

✪ **عدد البويضات الموجودة بهما:** يختلف حسب المرحلة العمرية كالتالي:
- أثناء التكوين الجنيني: يحتوي على ملايين من الخلايا الجرثومية.
- أثناء الطفولة: يحتوي المبيض على بضع آلاف (٤٠٠:٥٠٠ ألف) من البويضات في مراحل نمو مختلفة.
- بعد البلوغ: حوالي ٤٠٠ بويضة فقط.

عدد البويضات
الزمن بالسنوات
١٠ ٢٠ ٣٠ ٤٠ ٥٠ ٦٠

### ملحوظات

• تنضــج حوالــي ٤٠٠ بويضة فقط أثناء حياة أنثى الإنســان؛ لأن فتــرة الخصوبة في أنثى الإنســان تبلغ في المتوســط حوالي ٣٠ ســنة وتنتــج الأنثى خــلال هذه الفتــرة بويضة كل ٢٨ يــوم من أحــد المبيضين بالتبادل مــع الآخر شــهريًا (حوالي ١٣ بويضة ســنويًا) لذا يكــون عدد البويضات الناتجــة = (٣٠ × ١٣ = حوالــي ٤٠٠ بويضة).

## ٢ قناة فالوب Fallopian Tubes:

✪ **الملاءمة الوظيفية:**

• تفتح كل قناة بواسطة قمع:
- يقع مباشرةً أمام المبيض لضمان سقوط البويضات في قناة فالوب.
- ينتهي بزوائد إصبعية تعمل على التقاط البويضة المتحررة من المبيض.

• تبطن كل قناة بأهداب تعمل على توجيه البويضات المخصبة نحو الرحم.

## ٣ الرحم uterus:

✪ **الوصف:** كيس عضلي مرن مزود بجدار عضلي سميك قوي ويبطن بغشاء غدي.

✪ **الموقع:** يوجد بين عظام الحوض وينتهي بعنق يفتح في المهبل.

✪ **الوظيفة:** يتم بداخله تكوين الجنين لمدة تسعة أشهر حتى الولادة.

## ٤ المهبل Vagina:

✪ **الوصف:** قناة عضلية يصل طولها إلى ٧ سم.

✪ **الموقع:** تبدأ من عنق الرحم وتنتهي بالفتحة التناسلية.

✪ **الملاءمة الوظيفية:**

▪ يبطن بغشاء يفرز سائل مخاطي يعمل على ترطيب المهبل.

▪ يحوي ثنيات تسمح بتمدده خاصة أثناء خروج الجنين.

### ملحوظات

• تتغيــر حالــة الجهاز التناســلي للأنثى بصفــة دورية بعد البلــوغ حيث يحدث ذلــك عند عمر (١٢ : ١٥ ســنة) تبعًا لنشــاط المبيــض والرحم ومــا يرتبط بهما من إخصــاب وحمل أو عدم حــدوث حمل ونزول النزيف الشــهري (الطمــث) وعندما تبلغ الأنثــى عمر (٤٥ : ٥٠ ســنة) يتوقف نشــاط المبيضين فتقــل الهرمونات وتنكمش بطانــة الرحم ويتوقف حــدوث الطمث.

## التركيب المجهري للمبيض

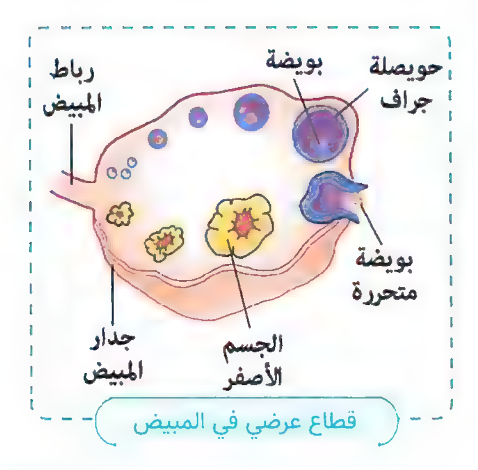
• **من خلال دراســة القطاع العرضــي للمبيض، يتضح أنه يتكــون من مجموعة من الخلايــا في مراحل نمــو مختلفة كالتالي:**

❶ **حويصلة جراف:**

- **وظيفتها:**
  • تنمو بداخلهــا البويضة حتى اكتمال نضجها ثم تتحــرر منها أثناء عملية التبويض.
  • تفرز أثناء نموها هرمون الإستروجين.

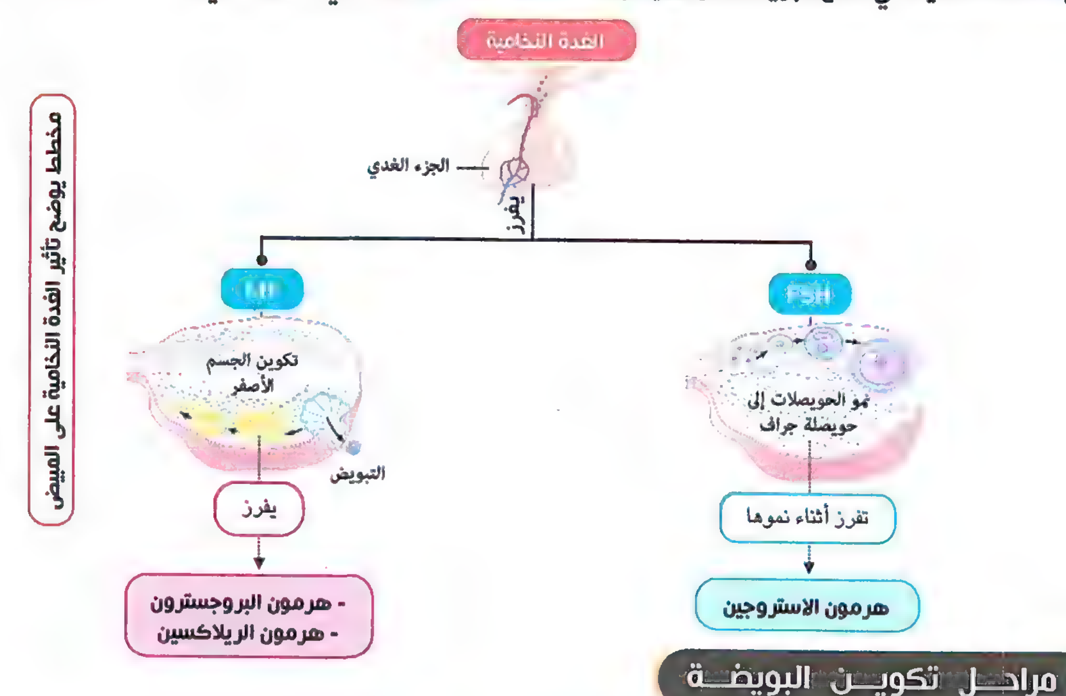
❷ **الجسم الأصفر:**

- **تكوينه:** يتكون من بقايا حويصلة جراف بعد تحرر البويضة منها.
- **وظيفته:** يفرز هرموني البروجسترون والريلاكسين.



قطاع عرضي في المبيض

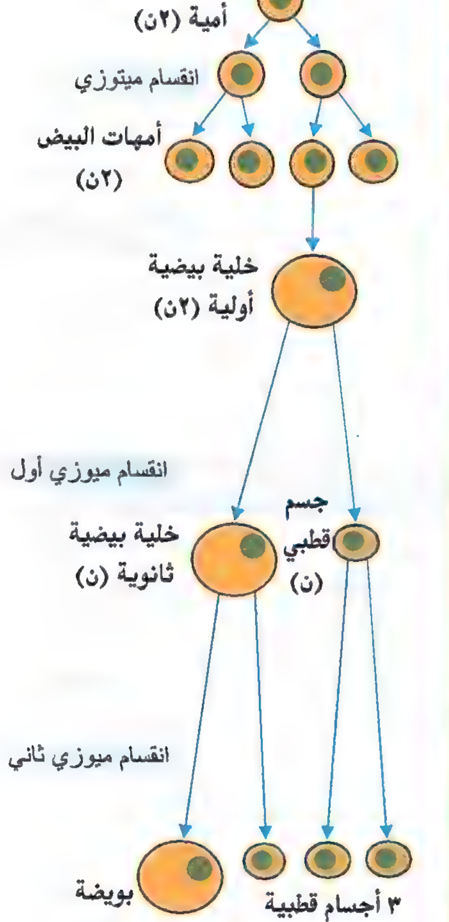
تتحكم الغدة النخامية في نضج البويضات وتنظيم إفراز الهرمونات الجنسية علي النحو التالي :




## مراحـــل تكويـــن البويضـــة

تمر عملية تكوين البويضات بأربع مراحل هامة، وهي كالتالي:

| المرحلة | المكان | ما يحدث فيها | ما يصاحبها |
|---|---|---|---|
| (١) مرحلة التضاعف | في مبيض الأنثى أثناء التكوين الجنيني | تنقسم الخلايا الجرثومية الأمية (٢ن) انقسامًا ميتوزيًا عدة مرات لتنتج عدد كبير من الخلايا تسمى أمهات البيض (٢ن). | يصاحبها ثبات في المادة الوراثية. |
| (٢) مرحلة النمو | في مبيض الأنثى أثناء التكوين الجنيني | تختزن فيها أمهات البيض قدرًا من الغذاء فتتحول إلى خلايا بيضية أولية (٢ن). | يصاحبها ثبات في المادة الوراثية. |
| (٣) مرحلة النضج | في مبيض فتاة بالغة | - تنقسم الخلية البيضية الأولية (٢ن) انقسام ميوزي أول لتعطي خلية بيضية ثانوية (ن) وجسم قطبي (ن).<br>- تكون الخلية البيضية الثانوية أكبر من الجسم القطبي لاحتوائها على الغذاء المدخر. | يصاحبها اختزال عدد الصبغيات إلى النصف |
| | في قناة فالوب امرأة متزوجة | - تنقسم الخلية البيضية الثانوية (ن) انقسام ميوزي ثان لتعطي بويضة (ن) وجسم قطبي (ن).<br>- قد يحدث انقسام ميوزي ثان للجسم القطبي الأول فيعطي جسمان قطبيان. | |

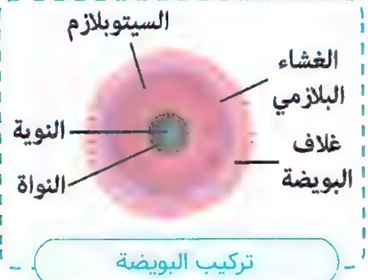









## تركيب البويضة




تركيب البويضة

- تحتوي البويضة على كمية كبيرة نسبيا من السيتوبلازم ونواة وبعض العضيات الأخرى
- تغلف بطبقة رقيقة متماسكة بفعل حمض الهيالويورنيك لذا تحتاج عملية اختراق البويضة لملايين من الحيوانات المنوية حيث تعمل إنزيمات الجسم القمي للحيوانات المنوية (إنزيم الهيالويورنيز) على إذابة غلاف البويضة عند موضع الاختراق.

**- مقارنة بين الحيوان المنوي والبويضة في الإنسان:**

| | الحيوان المنوي | البويضة |
|---|---|---|
| شكل توضيحي | | |
| مكان التكوين | الأنيبيبات المنوية بالخصية. | المبيض. |
| الحجم | أقل حجمًا. | أكبر حجمًا. |
| عدد الميتوكوندريا | أقل عددًا. | أكبر عددًا. |
| الحركة | متحركة. | ساكنة. |
| التركيب | يتركب من:<br>رأس، عنق، قطعة وسطي، ذيل. | ١- تحتوي على سيتوبلازم ونواة.<br>٢- تحاط بطبقة رقيقة متماسكة بفعل حمض الهيالويورنيك. |
| العدد | تنتج الحيوانات المنوية بأعداد كبيرة (٣٠٠:٥٠٠) مليون حيوان منوي في كل مرة تزاوج. | تنتج البويضات بأعداد قليلة (بويضة واحدة من أحد المبيضين كل ٢٨ يوم بالتناوب مع المبيض الآخر). |

### تطبيقات

• بالنسبة للحيوانات المنوية:

١ خلية من أمهات المني (٢ن) ← تتحول إلي ← ١ خلية منوية أولية (٢ن) ← انقسام ميوزي أول ← ٢ خلية منوية ثانوية (ن) ← انقسام ميوزي ثاني ← ٤ طلائع منوية (ن) ← تتحول إلي ← ٤ حيوانات منوية (ن)

• بالنسبة للبويضات:

١ خلية من أمهات البيض (٢ن) ← تتحول إلي ← ١ خلية بيضية أولية (٢ن) ← انقسام ميوزي أول ←
- ١ خلية بيضية ثانوية (ن) ← انقسام ميوزي ثانٍ ← ١ بويضة (ن) + ١ جسم قطبي (ن)
- ١ جسم قطبي (ن) ← قد يحدث انقسام ميوزي ثانٍ ← ٢ جسم قطبي (ن)

– عدد خلايا أمهات البيض (أو أمهات المني) الناتجة من الانقسام الميتوزي للخلية الجرثومية الأمية = ٢ ^أس عدد الانقسامات^.

## أمثلة

① خلية جرثومية أمية في خصية ذكر إنسان بالغ انقسمت ٤ مرات ميتوزيًا، احسب:

١- عدد خلايا أمهات المني الناتجة من الانقسام. ٢- عدد الخلايا المنوية الأولية. ٣- عدد الخلايا المنوية الثانوية.
٤- عدد الطلائع المنوية. ٥- عدد الحيوانات المنوية.

**الإجابة:**

١- عدد خلايا أمهات المني = ٢^عدد الانقسامات^ = ٢^٤^ = ١٦ خلايا.
٢- عدد الخلايا المنوية الأولية = عدد أمهات المني = ١٦ خلايا.
٣- عدد الخلايا المنوية الثانوية = ٢ × عدد الخلايا المنوية الأولية = ٢ × ١٦ = ٣٢ خلية.
٤- عدد الطلائع المنوية = ٤ × عدد الخلايا المنوية الأولية = ٤ × ١٦ = ٦٤ خلية.
٥- عدد الحيوانات المنوية = عدد الطلائع المنوية = ٦٤ حيوان منوي.

② خلية جرثومية أمية في مبيض أنثى انقسمت ٣ مرات ميتوزيًا، احسب.

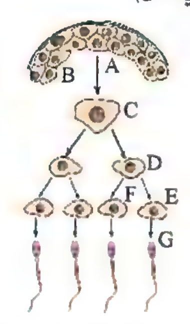
١- عدد خلايا أمهات البيض الناتجة من الانقسام. ٢- عدد الخلايا البيضية الأولية.
٣- عدد الخلايا البيضية الثانوية. ٤- عدد البويضات الناتجة في حالة حدوث إخصاب.
٥- عدد البويضات الناتجة في حالة عدم حدوث إخصاب.
٦- عدد الأجسام القطبية الناتجة بفرض إتمام حدوث الانقسامات كاملة.

**الإجابة**

١- عدد خلايا أمهات البيض = ٢عدد الانقسامات = ٣٢ = ٨ خلية.
٢- عدد الخلايا البيضية الأولية = عدد خلايا أمهات البيض = ٨ خلية.
٣- عدد الخلايا البيضية الثانوية = عدد الخلايا البيضية الأولية = ٨ خلية.
٤- عدد البويضات في حالة الإخصاب = عدد الخلايا البيضية الثانوية = ٨ بويضة.
٥- عدد البويضات الناتجة في حالة عدم حدوث إخصاب = صفر (لا يوجد انقسام ميوزي ثان).
٦- عدد الأجسام القطبية = ٣ × عدد البويضات = ٣ × ٨ = ٢٤ جسم قطبي.



③ الشكل المقابل يمثل أحد العمليات البيولوجية في أحد أعضاء الإنسان:




١- ما اسم العملية التي يمثلها الشكل ؟ ومتى وأين تحدث ؟
٢- ما الهرمون الضروري لحدوث هذه العملية ؟
٣- اذكر اسم الخلايا التالية وعدد الصبغيات فيها:
أ- الخلايا المبطنة للأنيبيبات المنوية.
ب- الخلايا من A : G.
٤- حدد الخلايا المتشابهة وراثيًا محددًا سبب اختيارك.

**الإجابة**

(١) - مراحل تكوين الحيوانات المنوية في ذكر الإنسان.
- تحدث عند البلوغ.
- تحدث داخل الأنيبيبات المنوية في خصية ذكر بالغ.

(٢) هرمون FSH حيث يساعد في تكوين الأنيبيبات المنوية وتكوين الحيوانات المنوية.

(٣) أ- خلايا جرثومية أمية (٢ن) تحتوي على ٤٦ كرموسوم.

ب-

| الخلايا | اسم الخلية | عدد الصبغيات |
|---|---|---|
| A ، B | أمهات المني | ٢ن (٤٦ كروموسوم) |
| C | خلية منوية أولية | ٢ن (٤٦ كروموسوم) |
| D | خلية منوية ثانوية | ن (٢٣ كروموسوم) |
| E ، F | طلائع منوية | ن (٢٣ كروموسوم) |
| G | حيوان منوي | ن (٢٣ كروموسوم) |

(٤) الخلايا المتشابهة وراثيًا ناتجة عن انقسام ميتوزي أو تحول وليس انقسام ميوزي وبالتالي تكون متشابهة وراثيًا:

| الخلايا المتشابهة | التوضيح |
|---|---|
| A، B | لأنها ناتجة من انقسام ميتوزي للخلايا الجرثومية الأمية. |
| C متشابهة مع A ، B | لأنها ناتجة من اختزان الغذاء دون انقسام. |
| E، G | لأن الحيوان المنوي G ناتج عن تحول الطليعة المنوية E بدون انقسام. |



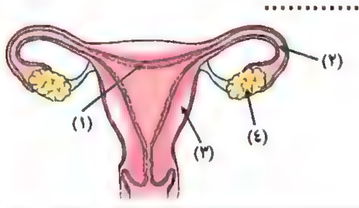


ملحوظات

- يسمى الانقسام الميوزي الثاني للخلية البيضية الثانوية بالانقسام المؤجل أو المشروط؛ لأنه مشروط باختراق الحيوان المنوي البويضة أثناء عملية الإخصاب.

## أسئلة الأداء الذاتي:

٦ من الشكل المقابل : توجد مستقبلات هرمون الأوكسيتوسين على الجزء المشار إليه بالرقم ............




أ ١
ب ٢
ج ٣
د ٤

٧ أي البدائل التالية تعبر عن التغيرات التي تطرأ على الخلايا الجرثومية الأمية أثناء مرحلة التضاعف في مبيض أنثى ؟

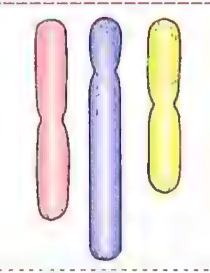
| | حجم الخلايا | عدد الخلايا | كمية المادة الوراثية |
|---|---|---|---|
| أ | يزداد | يزداد | ثابت |
| ب | ثابت | يزداد | ثابت |
| ج | ثابت | ثابت | يزداد |
| د | ثابت | يزداد | يزداد |

٨ أي الانقسامات الخلوية التالية تستغرق فترة زمنية أطول لإتمام حدوثها في الإنسان ؟

أ انقسام الخلايا الجرثومية الأمية لتعطي أمهات البيض
ب انقسام الخلايا المنوية الأولية لتعطي خلايا منوية ثانوية
ج انقسام الخلايا البيضية الأولية لتعطي خلايا بيضية ثانوية
د انقسام الخلايا البيضية الثانوية لتعطي بويضات ناضجة



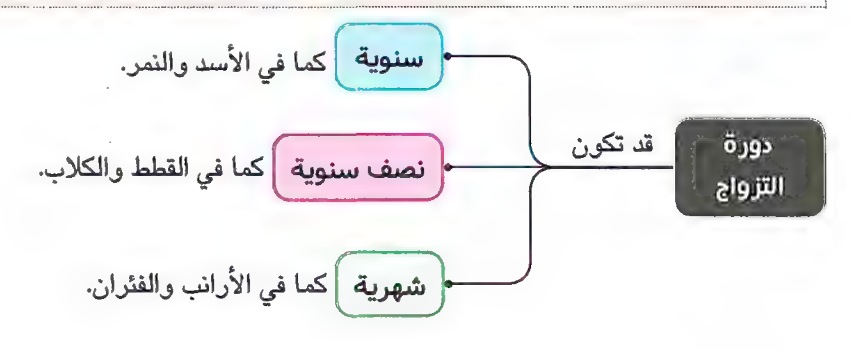
٩ أى الخلايا التالية تتواجد بها الكروموسومات كما فى الشكل المقابل ؟



أ أمهات المني
ب الخلايا المنوية الثانوية
ج الطلائع المنوية
د الخلايا البيضية الثانوية

## دورة التزاوج Breeding Cycle

فترات معينة في حياة الثدييات المشيمية ينشط فيها المبيض في الأنثى البالغة بصفة دورية منتظمة وتتزامن هذه الفترة مع وظيفتي التزاوج والإنجاب.



– تعـرف الفتـرة التـي ينشـط فيهـا المبيـض فـي أنثـى الإنسـان بالـدورة الشـهرية (دورة الطمـث أو دورة الحيـض)، ومدتهـا ٢٨ يـوم حيـث يتبـادل المبيضـان فـي إنتـاج البويضـات.

## دورة الطمـــث (الحيـــض) Menstrual Cycle

FSH , LH
تركيز هرمونات الغدة النخامية
24
16
8
0
LH
FSH

بروجسترون
تركيز هرمونات المبيض
20
16
12
8
4
0
إستروجين
500
400
300
200
100
0
بروجسترون
إستروجين
1 7 14 21 28 1
حويصلة جراف
حويصلة ناضجة
التبويض
الجسم الأصفر

سمك بطانة الرحم
غدد مخاطية
أوعية دموية
0
0
1 7 14 21 28 1
مرحلة الطمث
مرحلة نضج البويضة
مرحلة التبويض



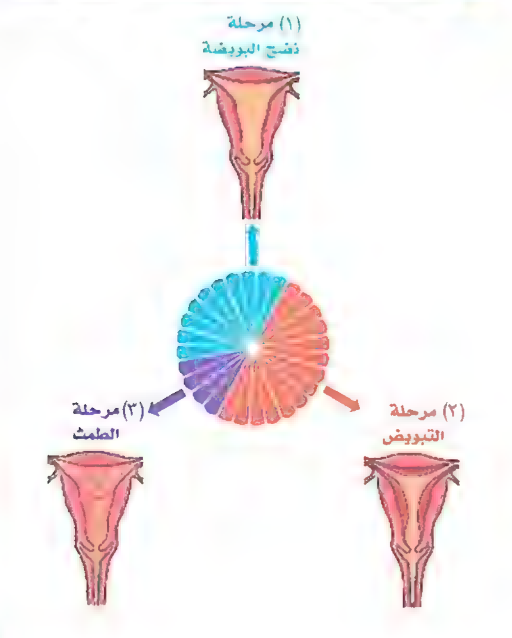

تنقسم دورة الطمث (الحيض) إلى ثلاث مراحل كما يلي:

| | المدة الزمنية | التغيرات الهرمونية المصاحبة | التغيرات التي تطرأ على المبيض | التغيرات التي تطرأ على الرحم |
|---|---|---|---|---|
| (1) مرحلة نضج البويضة | حوالي ١٠ أيام | يفرز الفص الأمامي للغدة النخامية هرمون FSH الذي يحفز نضج حويصلة جراف والتي تفرز أثناء نموها هرمون الإستروجين. | يبدأ عدد كبير من الحويصلات في النمو ولا يكتمل منها سوي واحدة فقط تتحول لحويصلة جراف تحت تأثير هرمون FSH الذي يفرز من الغدة النخامية. | تفرز حويصلة جراف أثناء نموها هرمون الإستروجين الذي يعمل على إنماء بطانة الرحم من خلال:<br>– زيادة عدد وحجم الأوعية الدموية الموجودة في بطانة الرحم.<br>– زيادة عدد الغدد المخاطية. |
| (2) مرحلة التبويض | ١٤ يومًا | يفرز الفص الأمامي للغدة النخامية هرمون LH الذي يسبب التبويض وتكوين الجسم الأصفر الذي يفرز هرمون البروجسترون. | – انفجار حويصلة جراف وتحرر البويضة منها في اليوم ال ١٤ من بدء الطمث.<br>– تكوين الجسم الأصفر من بقايا حويصلة جراف وذلك تحت تأثير هرمون L H. | يفرز الجسم الأصفر هرمون البروجسترون الذي يعمل على زيادة سمك بطانة الرحم وزيادة الإمداد الدموي لها من خلال:<br>– زيادة حجم الأوعية الدموية والغدد المخاطية.<br>– زيادة إفراز الغدد المخاطية. |
| (3) مرحلة الطمث | من ٣:٥ أيام | يقل إفراز هرمون البروجسترون نتيجة ضمور الجسم الأصفر في حالة عدم حدوث إخصاب للبويضة. | يضمر الجسم الأصفر تدريجيا وينكمش وتبدأ بعدها دورة جديدة للمبيض الآخر. | – تتهدم بطانة الرحم وتتمزق الشعيرات الدموية بسبب انقباض عضلات الرحم.<br>– خروج الدم الذي يعرف بـ"الطمث". |

**في حالة حدوث إخصاب للبويضة:**

- يبقى الجسم الأصفر ليفرز هرمون البروجسترون مما يمنع التبويض فتتوقف الدورة الشهرية لما بعد الولادة.
- يصل الجسم الأصفر لأقصي نموه في نهاية الشهر الثالث للحمل.
- يبدأ الجسم الأصفر في الانكماش في الشهر الرابع للحمل، وتكون المشيمة قد تقدم نموها في الرحم وتصبح قادرة على إفراز هرمون البروجسترون فتحل محل الجسم الأصفر في إفراز هذا الهرمون الذي ينبه الغدد الثديية على النمو التدريجي.

**التغيرات التي تطرأ على الرحم**



ملحوظات

- تبدأ عملية التبويض غالبًا في اليوم الرابع عشر من بدء الطمث (=اليوم العاشر من نهاية الطمث).
- أقصـــي إفــراز لهرمون FSH يكــون غالبًا في اليــوم الخامس من بـــدء الطمث. ، بينما أقصـــي إفراز لهرمـــون LH يكون غالبا قبيل اليوم الرابع عشـــر من بـــدء الطمث.
- تتابع تركيزات الهرمونات بالترتيب خلال دورة الطمث لدى أنثى بالغة:

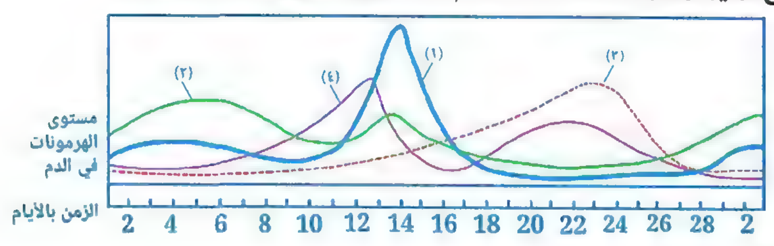
الهرمونات: FSH ← أستروجين ← LH ← بروجسترون.
أعلى تركيز في اليوم: ٥ ← ١٠ : ١٢ ← ١٣ ← ٢١ : ٢٣

- يسـمى الجســم الأصفــر بهذا الاســم نظرًا لأنــه يختزن كميــة كبيرة مــن الدهــون التي يســتخدمها في تصنيــع هرمون البروجســترون (الاســتيرويدات) بكميــات كبيرة أثنــاء دورة الطمث.
- تؤثر هرمونات الغدة النخامية على إفراز هرمونات المبيض والعكس صحيح من خلال مفهومي التغذية الراجعة الإيجابية والسلبية كما يلي:
  - زيــادة إفراز الجســم الأصفــر لهرمون البروجســترون خــلال مرحلة التبويض يــؤدي إلى تثبيــط إفراز الغــدة النخامية لهرمونــي FSH وLH. "تغذية راجعة ســلبية"
  - نقــص إفراز الجســم الأصفر لهرمون البروجســترون خــلال مرحلة الطمث في حالــة عدم حدوث إخصــاب للبويضة يؤدي إلــى تنبيه الغدة النخاميــة لإفراز هرمونــي FSH وLH لتبدأ دورة جديدة. "تغذية راجعة ســلبية"
  - زيــادة إفــراز حويصلة جراف لهرمون الإســتروجين خــلال مرحلة النضــج لمدة تزيد عن ٥٠ ســاعة تؤدي إلى تنشــيط الغــدة النخامية لإفراز هرمــون LH لتبدأ عمليــة التبويض. "تغذية راجعــة إيجابية"
- أقل فترة زمنية للجسم الأصفر في المبيض= ١٤ يوم في حالة عدم حدوث إخصاب للبويضة.
- أقصي فترة زمنية للجسم الأصفر في المبيض= ٣ شهور في حالة حدوث إخصاب للبويضة.
- كمية البروجسترون التي تفرزها المشيمة أكبر من الجسم الأصفر.
- في حالة عدم حدوث إخصاب للبويضة تتحلل وتخرج مع دم الحيض.
- عند وصول المرأة لسن اليأس (انقطاع الدورة الشهرية):

تنفــد حويصلات جراف مــن المبيض ← يقل إفــراز هرمونات المبيض (الإســتروجين والبروجســترون) ← ممــا يؤدي إلى زيــادة في إفراز هرمونــات الغدة النخاميــة (FSH وLH) بالتغذية الراجعة الســلبية.

أمثلة

1 الشكل التالي يوضح تركيز الهرمونات (١،٢،٣،٤) بالدم أثناء الدورة الشهرية لأنثى الأنسان:




(أ) فسر الأحداث التالية بالشكل العلوي:

١- الهرمون (١) في قمة إفرازه.
٢- انخفاض مستوى الهرمون (٢) قبل التبويض مباشرة.
٣- ارتفاع مستوى الهرمون (٣) بعد التبويض.
٤- انخفاض مستوى الهرمون (٤) بالقرب من حدوث التبويض.

(ب) في أي مرحلة من مراحل دورة الطمث يزداد إفراز الهرمونان (١) ، (٢) ؟

الإجابة:

(أ)

١- لأن هذا الهرمون (LH) يؤدي إلى انفجار حويصلة جراف وتحرر البويضة وتكوين الجسم الأصفر.
٢- لأن هــذا الهرمــون (FSH) يحفــز المبيــض لإنضــاج حويصلــة جــراف المحتويــة علــى البويضــة والتــي يســتغرق نموهــا حوالــي ١٠ أيــام أي قبــل التبويــض مباشــرةً وبذلــك يكــون هــذا الهرمــون قــد أدى مهمتــه وتــم نضــج حويصلــة جــراف تمامًــا ولذلــك يقــل إفــرازه وينخفــض مســتواه بالــدم.
٣- لأن بقايــا حويصلــة جــراف تتحــول بعــد التبويــض إلــى الجســم الأصفــر الــذي يفــرز هــذا الهرمــون (البروجســترون) لذلــك يرتفــع مســتواه بالــدم بعــد التبويــض بعــدة أيــام.
٤- لأن حويصلــة جــراف تفــرز هــذا الهرمــون (الإســتروجين) أثنــاء نموهــا ليعمــل علــى إنمــاء بطانــة الرحــم والتــي تصــل لتمــام نموهــا بوصــول هــذا الهرمــون إلــى قمــة إفــرازه بالقــرب مــن حــدوث التبويــض وبالتالــي يقــل إفــرازه وينخفــض مســتواه بالــدم عندمــا يفــرز الفــص الأمامــي للغــدة النخاميــة الهرمــون المصفــر (LH) الــذي يســبب انفجــار حويصلــة جــراف وتحــرر البويضــة.

(ب) يزداد إفراز هرمون (LH) مرحلة التبويض، بينما يزداد إفراز هرمون (FSH) أثناء مرحلة نضج البويضة.

ويمكن إيجاز ما سبق من خلال المخطط التالي :

**الجزء الغدي للغدة النخامية**

يفرز

**FSH**

- نضج حويصلة جراف
  - تفرز: الإستروجين
    - يعمل على: إنماء بطانة الرحم
    - مرحلة نضج البويضة
- نضج البويضة

**LH**

- تفجير حويصلة جراف
- تحرر البويضة
- تكوين الجسم الأصفر
  - تفرز: البروجسترون
    - يعمل على: زيادة سمك بطانة الرحم وزيادة الإمداد الدموي بها.
    - مرحلة التبويض

**مصير الجسم الأصفر**

**في حالة إخصاب للبويضة**

- يبقى ليفرز البروجسترون مما يمنع التبويض فتتوقف الدورة الشهرية لما بعد الولادة.
- يصل لأقصي نموه في نهاية الشهر الثالث للحمل.
- يبدأ في الانكماش في الشهر الرابع للحمل وتحل محله المشيمة في إفراز البروجسترون.

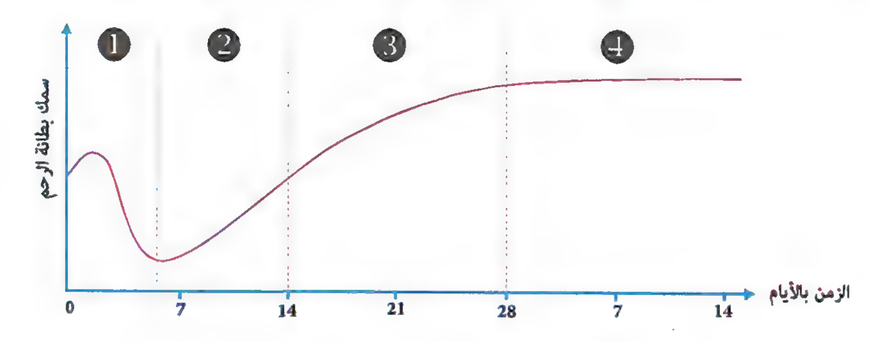
**في حالة حدوث إخصاب للبويضة**

- يبدأ الجسم الأصفر في الضمور التدريجي فيقل إفراز البروجسترون فتتهدم بطانة الرحم وتمزق الشعيرات الدموية بسبب انقباضات الرحم ويخرج الدم.

مرحلة الطمث

أمثلة

٢ المحنى التالي يمثل سمك بطانة الرحم لامرأة متزوجة على مدار شهرين متتاليين، في ضوء ذلك أجب عن الآتي:




١- يختلف سمك بطانة الرحم في المرحلة (١) عن المرحلة (٢) .. وضح مع التفسير.
٢- ما العلاقة بين الغدة النخامية وسمك بطانة الرحم في المرحلة (٣) ؟
٣- في حالة فحص عينة دم لهذه المرأة على مدار شهرين متتاليين، رتب الهرمونات الجنسية ترتيبا زمنيًا من حيث أعلى تركيزلها في الدم.
٤- أعط تفسيرًا علميًا دقيقًا لكل من:
أ- عدم عودة المحنى إلى مساره الطبيعي في المرحلة (٤). ب- قد تحدث المرحلة (١) دون حدوث المرحلة (٣) في بعض الحالات.

الإجابة:

١-
المرحلة (١): يقل سمك بطانة الرحم تدريجيا؛ بسبب عدم حدوث إخصاب للبويضة في الدورة السابقة مما يؤدي إلى انكماش الجسم الأصفر تدريجيًا فيقل إفراز هرمون البروجسترون مما يؤدي إلى تهدم بطانة الرحم وتمزق الشعيرات الدموية ونزول الدم.
المرحلة (٢): يزداد سمك بطانة الرحم تدريجيا؛ بسبب إفراز الفص الأمامي من الغدة النخامية هرمون FSH المحفز لنضج البويضة داخل حويصلة جراف وإفرازها لهرمون الإستروجين الذي يعمل على إنماء بطانة الرحم بعد تهدمها.

٢- يفرز الفص الأمامي (الجزء الغدي) من الغدة النخامية هرمون LH الذي يسبب انفجار حويصلة جراف وتحرر البويضة وتكوين الجسم الأصفر من بقاياها والذي يفرز هرمون البروجسترون الذي يعمل على زيادة سمك بطانة الرحم وزيادة الإمداد الدموي لها.

٣- الترتيب زمنيًا: FSH ثم الإستروجين ثم LH ثم البروجسترون.

٤- أ- بسبب حدوث إخصاب للبويضة وعدم انكماش الجسم الأصفر واستمراره في إفراز هرمون البروجسترون مما يمنع التبويض فتتوقف الدورة الشهرية لما بعد الولادة ويزداد سمك الرحم تدريجيا ويزداد إمداده الدموي استعدادا لانغماس الجنين.
ب- يحدث ذلك عند تناول أقراص منع الحمل حيث تحتوي على هرمونات صناعية تشبه الإستروجين والبروجسترون تهيئ الرحم وتزيد من سمكه دون حدوث تبويض يليها تهدم لبطانة الرحم وحدوث الطمث. سوف يتم دراستها بالتفصيل في الدرس الخامس.

## فسر ؟!

- **توقف الدورة الشهرية أثناء فترة الحمل (أو) عدم حدوث تبويض لدى الأنثى الحامل.**

لأنه أثناء فترة الحمل يبقى الجسم الأصفر ليفرز هرمون البروجسترون حتى نهاية الشهر الثالث للحمل ثم تحل محله المشيمة في إفراز هذا الهرمون مما يمنع التبويض فتتوقف الدورة الشهرية لما بعد الولادة..

- **لا يحدث إجهاض للجنين لو تحلل الجسم الأصفر في نهاية الشهر الثالث للحمل.**

لأن المشيمة يكون قد اكتمل نموها في الرحم فتحل محل الجسم الأصفر في إفراز هرمون البروجسترون الذي يعمل على زيادة سمك بطانة الرحم وزيادة الإمداد الدموي بها وتثبيت الجنين.

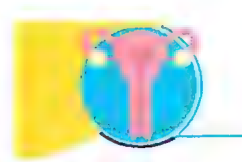
- **يحدث الطمث في أنثى الإنسان في فترات منتظمة في الحالات العادية.**

لانتظام الفص الأمامي في الغدة النخامية في إفراز كل من:
- هرمون التحوصل FSH الذي يحفز المبيض لإنتاج حويصلة جراف.
- هرمون المصفر LH الذي يسبب انفجار حويصلة جراف وتحرر البويضة وتكوين الجسم الأصفر من بقايا حويصلة جراف.

، وذلك في فترات منتظمة.

- **يتضخم جدار الرحم ويصبح غديًا بمجرد إخصاب البويضة.**

بسبب إفراز هرمون البروجسترون الذي يعمل على زيادة سمك بطانة الرحم وزيادة الإمداد الدموي بها عن طريق الجسم الأصفر خلال الأشهر الثلاثة الاولى من الحمل وعن طريق المشيمة بداية من الشهر الرابع من الحمل.








## ماذا يحدث عند ؟!

**❶ استئصال المبيضين أثناء فترة الحمل ؟**

**هناك احتمالان:**

- إذا تم استئصال المبيضين خلال الأشهر الثلاثة الأولى من الحمل: يحدث إجهاض؛ بسبب ضمور الجسم الأصفر الذي يفرز هرمون البروجسترون الذي يعمل على زيادة سمك بطانة الرحم وزيادة الإمداد الدموي بها لتثبيت الجنين.
- إذا تم استئصال المبيضين بعد الشهر الثالث من الحمل: لا يحدث إجهاض ويستمر الحمل بصورة طبيعية لأن المشيمة يكون قد اكتمل نموها في الرحم فتحل محل الجسم الأصفر في إفراز هرمون البروجسترون.

**❷ استئصال أحد المبيضين من امرأة حامل في شهرها الثاني ؟**

**هناك احتمالان:**

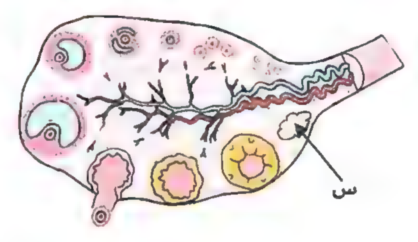
- إذا كان المبيض الذي تم إزالته هو المبيض الذي أنتج البويضة: يحدث إجهاض؛ بسبب ضمور الجسم الأصفر فيتوقف إفراز هرمون البروجسترون.
- إذا تم إزالة المبيض الذي لم ينتج البويضة التي تم إخصابها: لا يحدث إجهاض ويستمر الحمل بصورة طبيعية.

**❸ إفراز كميات غير كافية من هرموني FSH،LH عند امرأة متزوجة ؟**

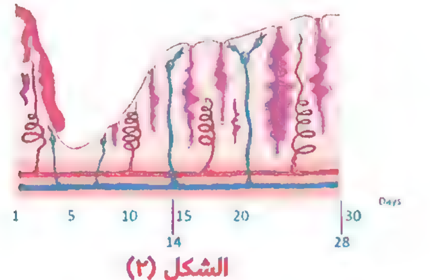
عدم نضج حويصلة جراف وعدم انطلاق بويضة جديدة من أحد المبيضين فلا يتكون الجسم الأصفر وعدم إفراز هرمون الإستروجين والبروجسترون وبالتالي لن يحدث إنماء لبطانة الرحم ولن يزيد سمكها مما يؤدي لخلل في الدورة الشهرية وعدم حدوث حمل.

### أسئلة الأداء الذاتي:

**⓾ من خلال دراستك للشكلين التاليين :**




الشكل (١)

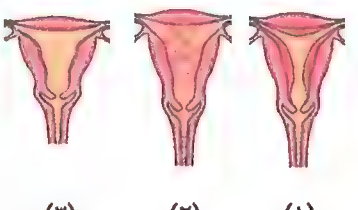



الشكل (٢)

**أي الأيام التالية في الشكل (٢) تتزامن مع ظهور التركيب (س) في الشكل (١) ؟**

Ⓐ اليوم الثاني
Ⓑ اليوم السادس
Ⓒ اليوم الرابع عشر
Ⓓ اليوم الواحد والعشرين

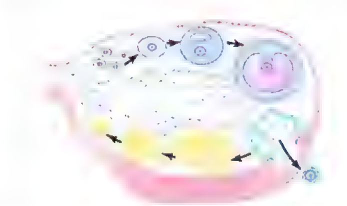
**⑪ أي الهرمونات التالية يمكن ملاحظة بدايات زيادة تركيزها في الدم تزامنًا مع تغيرات الرحم المعبر عنها بالشكل المقابل ؟**



(١) (٢) (٣)

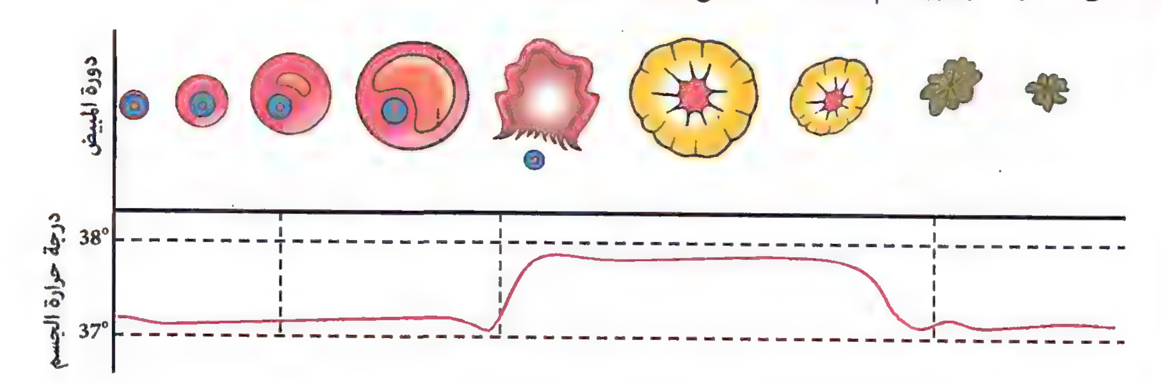
| | (١) | (٢) | (٣) |
|---|---|---|---|
| Ⓐ | الإستروجين | LH | البروجسترون |
| Ⓑ | البروجسترون | FSH | الإستروجين |
| Ⓒ | البروجسترون | الإستروجين | FSH |
| Ⓓ | LH | FSH | الإستروجين |

**⑫ الشكل المقابل يعبر عن قطاع عرضي في مبيض ............**



Ⓐ أنثى حديثة الولادة
Ⓑ فتاة بالغة غير متزوجة
Ⓒ امرأة حامل في شهرها الثالث
Ⓓ امرأة حامل في شهرها الخامس

١٣ افحص الشكل المقابل جيدا ثم أجب: ماذا تستنتج من دراسة الشكل السابق ؟




Ⓐ زيادة هرمون LH عند النقطة ص تؤدي إلى زيادة درجة حرارة الجسم .
Ⓑ تتناسب تغيرات درجة الحرارة طرديا مع تغيرات تركيز الإستروجين في الدم
Ⓒ حدوث الحمل يتسبب في انخفاض درجة حرارة الجسم
Ⓓ تتناسب تغيرات درجة الحرارة طرديا مع تغيرات تركيز البروجستيرون في الدم

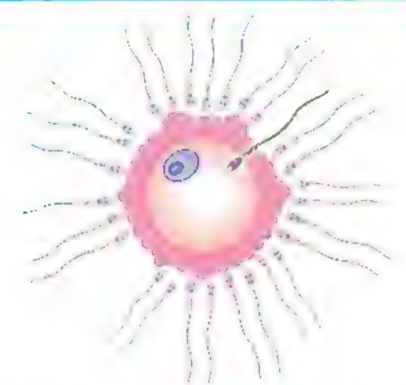
١٤ الجدول المقابل يوضح نتيجة التحاليل الهرمونية لفتاة بالغة في اليوم ............. من بدء الطمث.

| | تركيز الهرمون | المعدل الطبيعي من | المعدل الطبيعي إلى |
|---|---|---|---|
| FSH | ٠,٢ | ٠,٢ | ١,١ |
| LH | ٠,٣ | ٠,٣ | ٠,٩ |
| البروجستيرون | ١,٨ | ٠,٢ | ١,٨ |
| الإستروجين | ٠,٥ | ٠,٣ | ١,٤ |

Ⓐ الخامس
Ⓑ الخامس عشر
Ⓒ الواحد والعشرين
Ⓓ السابع والعشرين

# من بداية الإخصاب حتى نهاية الفصل

## الإخصاب Fertilization



**التعريف**

عملية اندماج نواة المشيج المذكر (الحيوان المنوي) مع نواة المشيج المؤنث (البويضة) لتكوين الزيجوت الذي ينقسم ميتوزيًا مكونًا الجنين.

**مكان الحدوث**

في الثلث الأول من قناة فالوب.

**توقيت الحدوث**

بعد تحرر البويضة من المبيض في اليوم الرابع عشر من بدء الطمث يمكن إخصابها بواسطة الحيوانات المنوية خلال يومين.

**كيفية الحدوث**

يدخل البويضة رأس وعنق حيوان منوي واحد تاركًا القطعة الوسطى والذيل خارجًا ثم تحيط البويضة نفسها بغلاف يمنع دخول أي حيوان منوي آخر ... فسر؟

لأن التضاعف الثلاثي في الإنسان مميت ويؤدي لإجهاض الجنين.

### ملحوظات

• قد يعتبر الرجل عقيمًا إذا كان عدد الحيوانات المنوية أقل من ٢٠ مليون في كل مرة تزاوج ... فسر؟

لأنه:

١- يفقد الكثير من الحيوانات المنوية أثناء رحلتها للوصول لمكان المشيج الأنثوي للتغلب على حامضية المهبل والإفرازات المخاطية للرحم.

٢- يلزم أن يشترك عدد كبير من الحيوانات المنوية في إفراز هرمون الهيالويورنيز الذي يعمل على إذابة غلاف البويضة المتماسك بفعل حمض الهيالويورنيك لإتمام عملية الإخصاب.

### استنتاجات

• أول ميتوكوندريا يحصل عليها الجنين تكون من الأم فقط وليس من الأب ... علل؟

لأنه أثناء عملية الإخصاب يدخل البويضة رأس وعنق الحيوان المنوي فقط بينما تظل القطعة الوسطى التي تحتوي على الميتوكوندريا والذيل خارجًا فلا تشترك في تكوين اللاقحة وبالتالي تكون أول ميتوكوندريا تدخل في تكوين اللاقحة هي الموجودة داخل بويضة الأم فقط.

## ماذا يحدث عند ؟؟ وصول الحيوانات المنوية إلى قناة فالوب في الحالات التالية

| | |
|---|---|
| ١ في اليوم العاشر من بدء الطمث ؟ | لن يحدث إخصاب فلا تتكون لاقحة ولا جنين؛ لأن الحيوانات المنوية تموت قبل تحرر البويضة في اليوم الرابع عشر من بدء الطمث حيث تبقى حية داخل الجهاز التناسلي الأنثوي من (٢ : ٣) يوم. |
| ٢ في اليوم الثالث عشر من بدء الطمث؟ | تبقى الحيوانات المنوية حية داخل الجهاز التناسلي للأنثى من (٢ : ٣) يوم وعندما تتحرر البويضة في اليوم الرابع عشر قد يتم إخصابها في الثلث الأول من قناة فالوب وبالتالي تتكون لاقحة تنمو إلى جنين. |
| ٣ في اليوم التاسع عشر من بدء الطمث ؟ | لن يحدث إخصاب فلا تتكون لاقحة ولا جنين؛ لهلاك البويضة لأنها لا تكون جاهزة للإخصاب إلا خلال يومين من تحررها في اليوم الرابع عشر من بدء الطمث. |

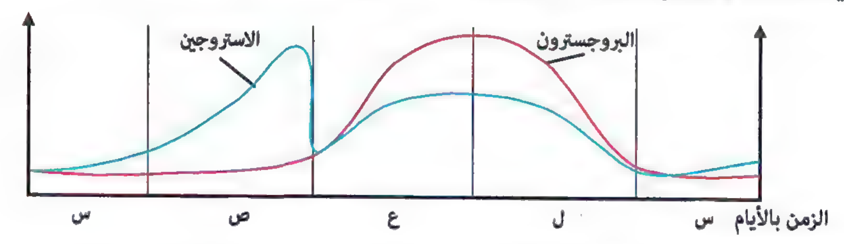
## أسئلة الأداء الذاتي:

١ يؤدي إنزيم الهيالويورنيز وظيفته البيولوجية في ......................

Ⓐ الجسم القمي
Ⓑ الرحم
Ⓒ الثلث الأخير من قناة فالوب
Ⓓ الثلث الأول من قناة فالوب

(أ) الجسم القمي
(ب) الرحم
(ج) الثلث الأخير من قناة فالوب
(د) الثلث الأول من قناة فالوب

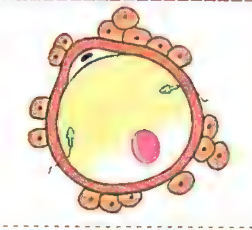
٢ ادرس الرسم البياني المقابل الذي يوضح تركيز بعض الهرمونات لدى أنثى الإنسان خلال ٢٨ يوما ، ثم أجب:




ما النتائج المترتبة على وصول الحيوانات المنوية إلى قناة فالوب في الساعات الأخيرة من الفترة (ص) ؟ ...............

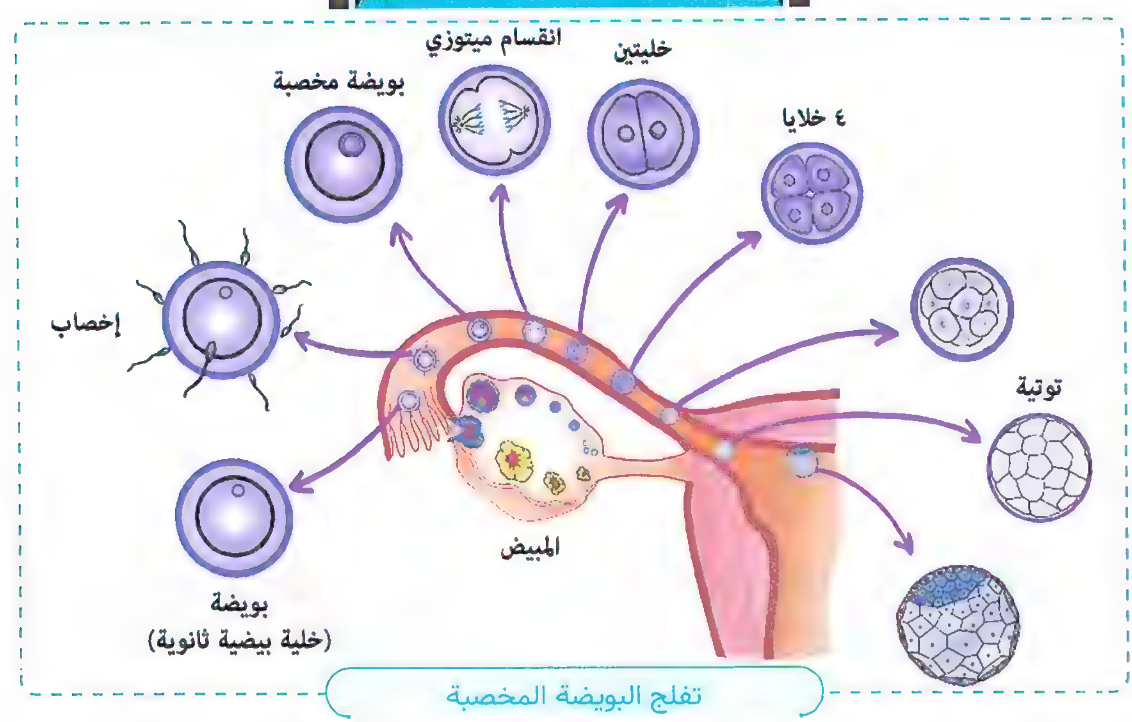
(أ) زيادة إفراز هرمون التحوصل خلال الفترة (ل)
(ب) حدوث الانقسام الميوزي الثاني للخلية البيضية الثانوية
(ج) عدم إفراز هرمون البروجستيرون في الفترة (ع)
(د) حدوث الانقسام الميوزي الأول للجسم القطبي

٣ العملية الموضحة بالشكل المقابل ينتج عنها .........



(أ) زيجوت ثنائي العدد الصبغي ينمو لتكوين جنين كامل طبيعي
(ب) زيجوت ثنائي العدد الصبغي يحدث له إجهاض قبل اكتمال نمو الجنين
(ج) زيجوت ثلاثي العدد الصبغي يحدث له إجهاض قبل اكتمال نمو الجنين
(د) عدم تكون زيجوت وبالتالي عدم تكون جنين

## الحمل ونمو الجنين




تفلج البويضة المخصبة

1. بعد يوم من الإخصاب: تنقسم اللاقحة (الزيجوت) انقسامًا ميتوزيًا إلى خليتين (فلجتين).
2. بعد يومين من الإخصاب: تتضاعف الخليتين إلى أربع خلايا.
3. يتكرر الانقسام حتى تتحول إلى كتلة من الخلايا الصغيرة تعرف بـ«التوتية Morula» التي تهبط بدفع أهداب قناة فالوب لها لتصل إلى الرحم وتنغمس بين ثنايا بطانة الرحم السميكة في نهاية الأسبوع الأول.

### التوتية

كتلة من الخلايا الصغيرة ناتجة عن الانقسام الميتوزي للزيجوت تنغمس في ثنايا بطانة الرحم في نهاية الأسبوع الأول من الحمل بواسطة دفع أهداب قناة فالوب لها.

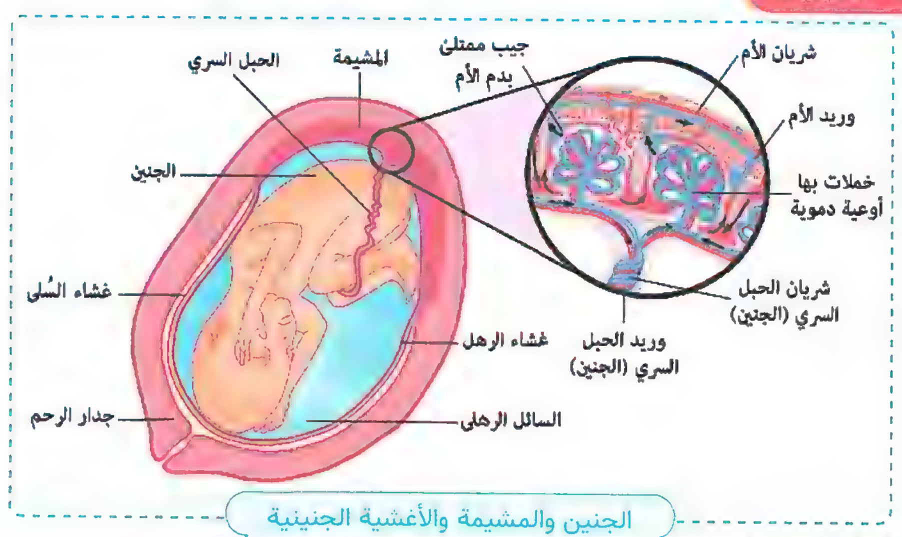
4. يتزايد نمو الجنين ويتدرج بناء الأنسجة وتكوين الأعضاء وينشأ حول الجنين أغشية تعرف بـ«الأغشية الجنينية».

### ملحوظات

- تتميز بطانة الرحم بالإمداد الدموي اللازم لتكوين الجنين طوال أشهر الحمل التسعة.
- تتم عملية الإخصاب في الثلث الأول من قناة فالوب ... علل؟

لأن البويضة مشيج أنثوي ساكن تحتاج للمرور خلال قناة فالوب ودفعها بواسطة الأهداب ما يقرب من أسبوع في حين أن المتوسط الزمني للمدة التي تستطيع البويضة أن تبقى فيها حية داخل الأنثى (١ : ٢) يوم ثم تموت وتتحلل، كما أن الثلث الاول من قناة فالوب هو الجزء الأوسع فيسع أكبر عدد من الحيوانات المنوية وهو مبطن بطبقة تفرز سائل يعمل على تغذية الحيوانات المنوية بعد رحلتها الطويلة داخل الجهاز التناسلي الأنثوي فتزداد فرص الإخصاب في كل مرة تزاوج.

## الأغشية الجنينية



الجنين والمشيمة والأغشية الجنينية

- يوجد نوعان من الأغشية الجنينية:

### غشاء الرهل (الأمنيون) (Amnion)

- الغشاء الداخلي.
- يحيط بالجنين داخل الرحم.
- يحتوي على سائل يحمي الجنين من الجفاف ويساعده على تحمل الصدمات.
- تلتحم حوافه لتكوين الحبل السري.

### غشاء السلي (الكوريون) (Chorion)

- الغشاء الخارجي.
- يحيط بغشاء الرهل داخل الرحم.
- يعمل على حماية الجنين.
- تلتحم حوافه لتكوين المشيمة.

- مقارنة بين المشيمة والحبل السري:

| | المشيمة | الحبل السري |
|---|---|---|
| المنشأ | تخرج من غشاء السلي (الكوريون). | يخرج من الرهل (الأمنيون). |
| الوصف | بروزات أو خملات إصبعية الشكل تنغمس داخل بطانة الرحم وتتلامس فيها الشعيرات الدموية لكل من الجنين والأم. | نسيج غني بالشعيرات الدموية يصل طوله حوالي ٧٠ سم. |
| الوظيفة | ١ نقل المواد الغذائية المهضومة والماء والأكسجين والفيتامينات من دم الأم لدم الجنين بالانتشار. (عضو تنفس وتغذية)<br>٢ تخلص الجنين من المواد الإخراجية دون أن يختلط دم الجنين بدم الأم. (عضو إخراج)<br>٣ تفرز هرمون البروجسترون بدءاً من الشهر الرابع للحمل وذلك بعد ضمور الجسم الأصفر وهكذا تصبح المشيمة هي مصدر البروجسترون. (غدة صماء)<br>٤ تفرز هرمون الريلاكسين الذي يزداد إفرازه عند نهاية فترة الحمل ليعمل على ارتخاء الارتفاق العاني ليسهل عملية الولادة الطبيعية. (غدة صماء) | ١ طوله ٧٠ سم حتى يسمح بحرية حركة الجنين.<br>٢ نقل المواد الغذائية المهضومة والماء والأكسجين والفيتامينات والأملاح من المشيمة إلى الدورة الدموية للجنين.<br>٣ نقل المواد الإخراجية وثاني أكسيد الكربون من الدورة الدموية للجنين إلى المشيمة. |

ملحوظات

- تقـوم المشـيمة بنقـل العقاقيـر والمـواد الضـارة مثـل الكحـول والنيكوتيـن والفيروسـات مـن دم الأم إلـى الجنيـن ممـا قـد يسـبب لـه أضـرارًا بالغـة وتشـوهات وأمـراض.

## للاطلاع فقط

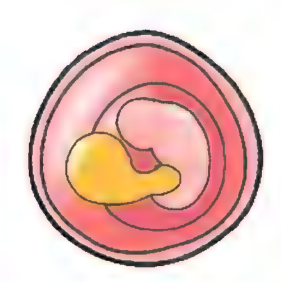
- تختلف الدورة الدموية للجنين عن الدورة الدموية للشخص البالغ بسبب اختلاف مسارات النقل الداخلية ويظهر ذلك من خلال فحص الأوعية الدموية الموجودة في الحبل السري (جهة الجنين) حيث نجد أن :
الحبل السري يحتوي علي :
– شريانين: يحمل كل منهما دم غير مؤكسج من الجنين للمشيمة.
– وريد: يحمل دم مؤكسج من المشيمة للجنين.

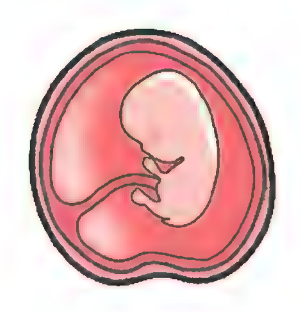
## مراحل تكوين الجنين

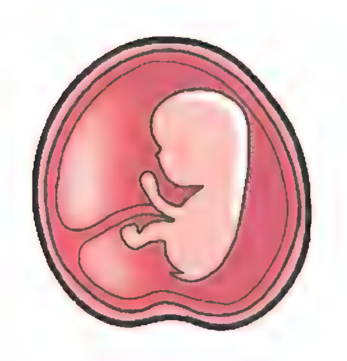
تنقسم فترة تكوين الجنين إلى ثلاث مراحل، كالتالي:

| المرحلة | الخصائص |
|---|---|
| المرحلة الأولى | تشمل الثلاث شهور الأولى:<br>• يبدأ تكوين الجهاز العصبي والقلب (في الشهر الأول).<br>• تتميز العينان واليدان.<br>• يتميـز الذكـر عـن الأنثـى إذ تتكـون الخصيتان في الأسـبوع السـادس ويتكـون المبيضـان في الأسـبوع الثاني عشـر.<br>• يصبح للجنين القدرة على الاستجابة. |
| المرحلة الثانية | تشمل الثلاث شهور الوسطى:<br>• يكتمل نمو القلب إذ تسمع دقاته.<br>• يتكون الجهاز العظمي.<br>• تكتمل أعضاء الحس.<br>• يزداد نمـو الجنيـن في الحجـم. |
| المرحلة الثالثة | تشمل الثلاث شهور الأخيرة:<br>• يكتمل نمو المخ.<br>• يستكمل نمو باقي الأجزاء الداخلية.<br>• يتباطأ نمو الجنين في الحجم في أواخر هذه المرحلة.<br>• يبـدأ تفـكك المشـيمة ويقـل إفـراز هرمـون البروجسـترون ويقـل تماسـك الجنيـن فـي الرحـم اسـتعدادًا للـولادة. |

المرحلة الأولى

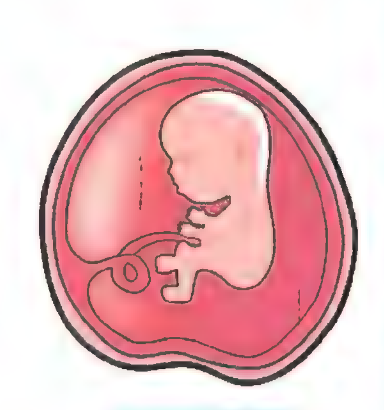

الشهر الأول

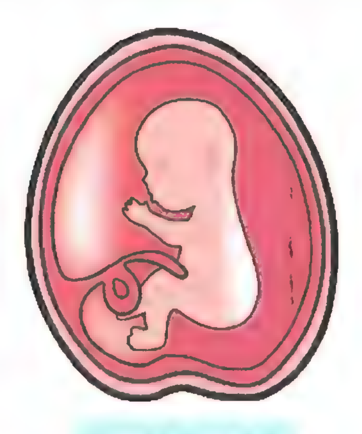

الشهر الثاني

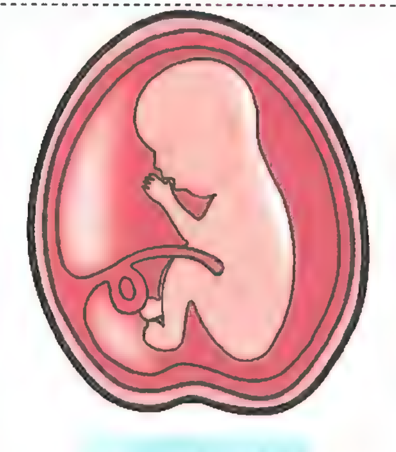


الشهر الثالث

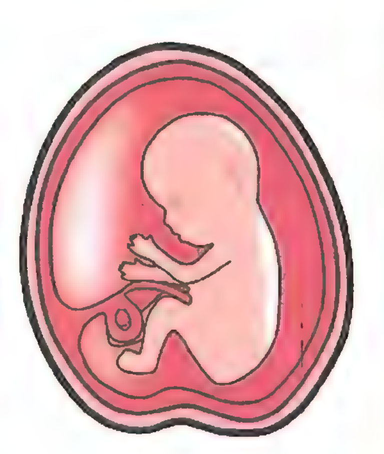
المرحلة الثانية

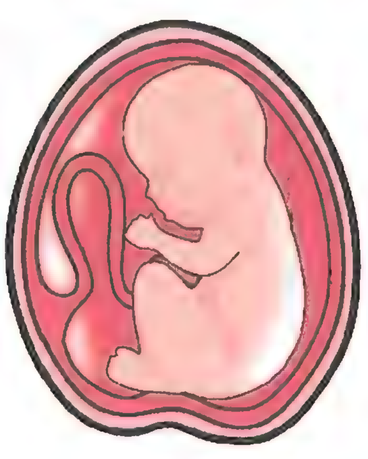

الشهر الرابع

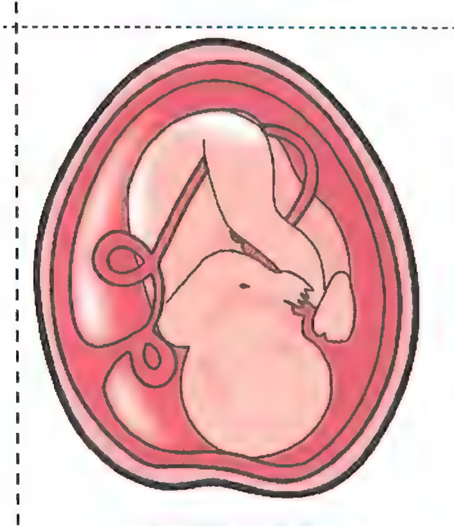

الشهر الخامس


الشهر السادس

المرحلة الثالثة


الشهر السابع


الشهر الثامن


الشهر التاسع





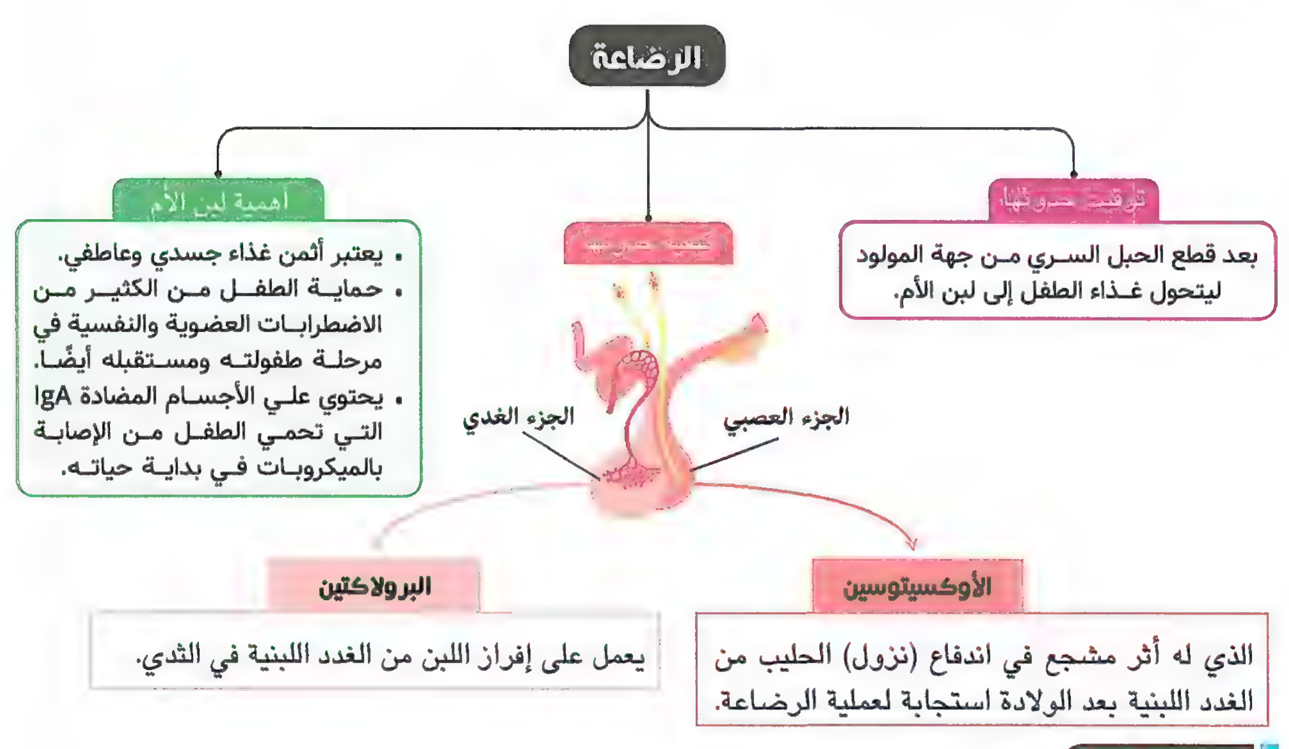



## الـولادة والرضاعة

✪ **توقيت الولادة:** تحدث غالبًا في الشهر التاسع من الحمل.

✪ **كيفية حدوث الولادة:**

1. يبدأ تفكك المشيمة من الرحم وبالتالي يقل إفراز هرمون البروجسترون.
2. يقل تماسك الجنين بالرحم؛ استعدادً ا للولادة.
3. تنقبض عضلات الرحم بشكل متتابع وسريع فيندفع الجنين إلى الخارج فيما يعرف بـ«المخاض».
4. يصرخ المولود حتى يبدأ جهازه التنفسي في العمل إثر هذه الصرخة.
5. تنفصل المشيمة من جدار الرحم وتطرد للخارج.
6. يتم قطع الحبل السري من جهة المولود




### ملحوظات

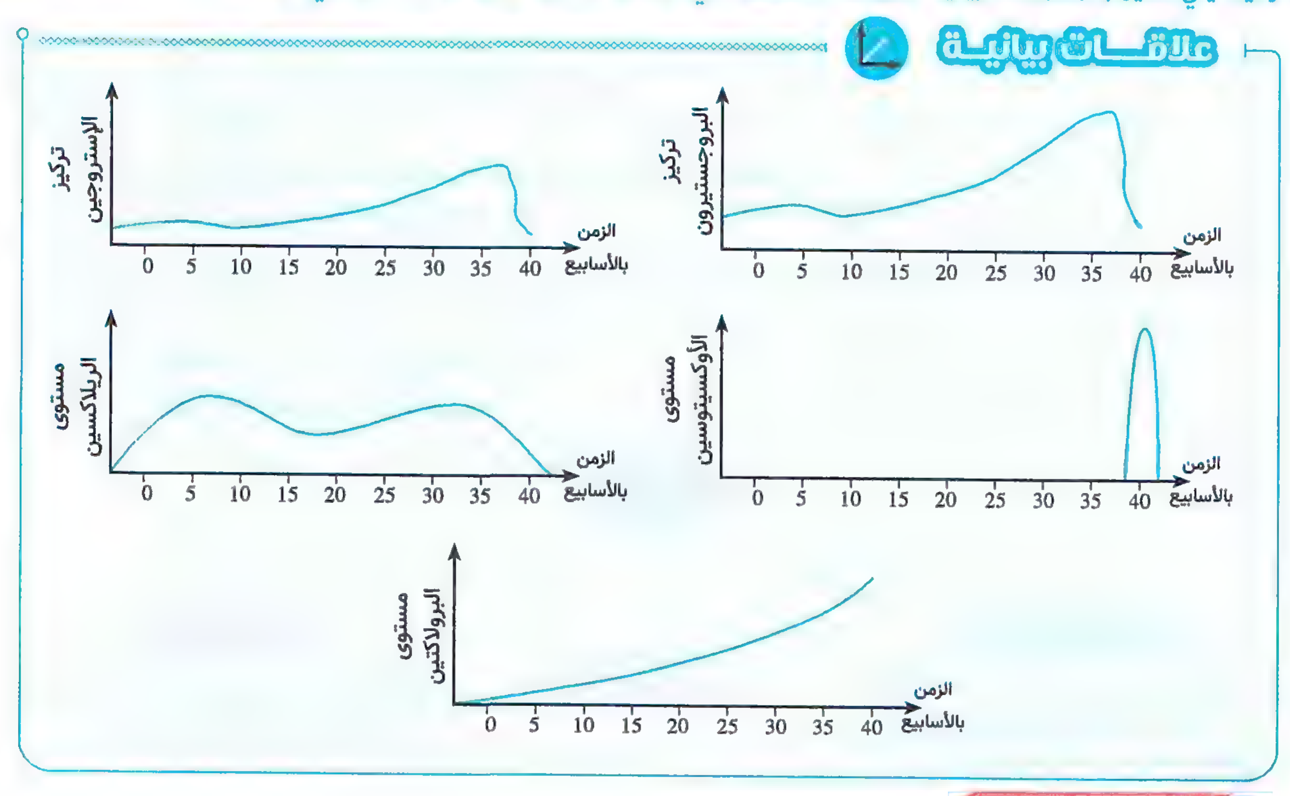
- العمر المناسب للحمل:
  - عمـر الأنثـى: مـن ١٨ : ٣٥ سـنة، وإذا قـل أو زاد العمـر عـن ذلـك، يتعـرض كل مـن الأم والجنيـن لمتاعـب خطيـرة كمـا تـزداد احتمـالات التشـوه الخلقـي بيـن أبنائهـا.
  - عمر الذكر: لا يكون زوج مسن.
- مدة الحمل: تختلف باختلاف نوع الكائن الحي كما يلي:
  - الإنسان: ٢٧٠ يوم (٩ شهور).
  - الأغنام: ١٥٠ يوم (٥ شهور).
  - الفئران: ٢١ يوم (٣ أسابيع).

في ضوء منهجك : **ما الاحتمالات التي قد تؤدي إلي ولادة الأطفال بنسبة عالية من التشوهات الخلقية ؟**

- لأن عمـر الأنثـى قـد يقـل عـن ١٨ سـنة أو يزيـد عـن ٣٥ سـنة أو قـد يكـون الـزوج مسـن ممـا يعـرض الأم والجنيـن لمتاعـب خطيـرة كمـا تـزداد احتمـالات التشـوه الخلقـي بيـن أبنائهـا.
- بسبب تناول الأم العقاقير الضارة والكحولات والنيكوتين والتي تنتقل للجنين عبر المشيمة.

وفيما يلي تمثيل بالرسومات البيانية للتغيرات الهرمونية في دم امرأة حامل خلال فترة الحمل حتي الولادة :

## علاقات بيانية

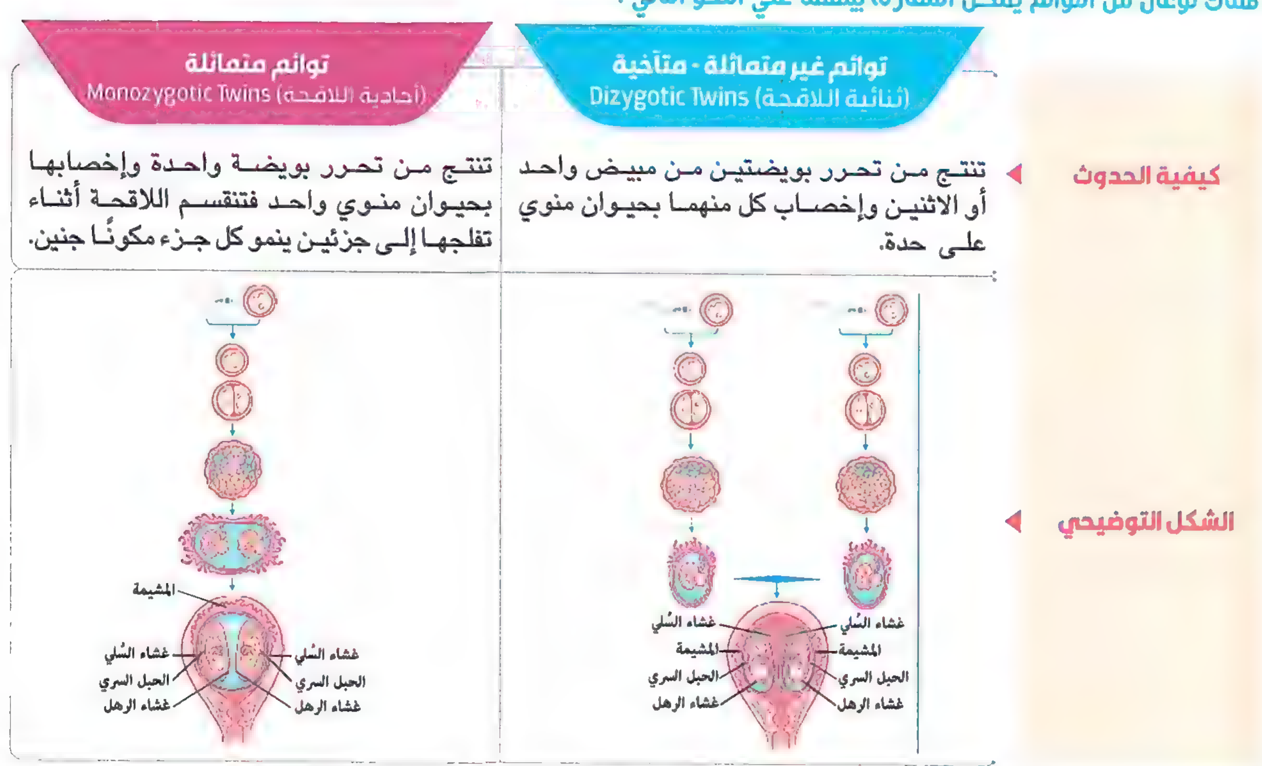



## تعدد المواليد

-عادة ما يولد جنين واحد في كل مرة ولكن في بعض الأحيان تتعدد المواليد حتى ستة أطفال في المرة الواحدة.

- تعتبر التوائم الثنائية أكثرها شيوعا حيث تصل نسبتها في العالم إلى (١ توائم ثنائية : ٨٦ ولادة فردية)، وتندر التوائم المتعددة.

- هناك نوعان من التوائم يمكن المقارنة بينهما على النحو التالي :



| | توائم غير متماثلة - متآخية Dizygotic Twins (ثنائية اللاقحة) | توائم متماثلة Monozygotic Twins (أحادية اللاقحة) |
| --- | --- | --- |
| كيفية الحدوث | تنتج من تحرر بويضتين من مبيض واحد أو الاثنين وإخصاب كل منهما بحيوان منوي على حدة. | تنتج من تحرر بويضة واحدة وإخصابها بحيوان منوي واحد فتنقسم اللاقحة أثناء تفلجها إلى جزئين ينمو كل جزء مكونًا جنين. |
| الشكل التوضيحي | | |

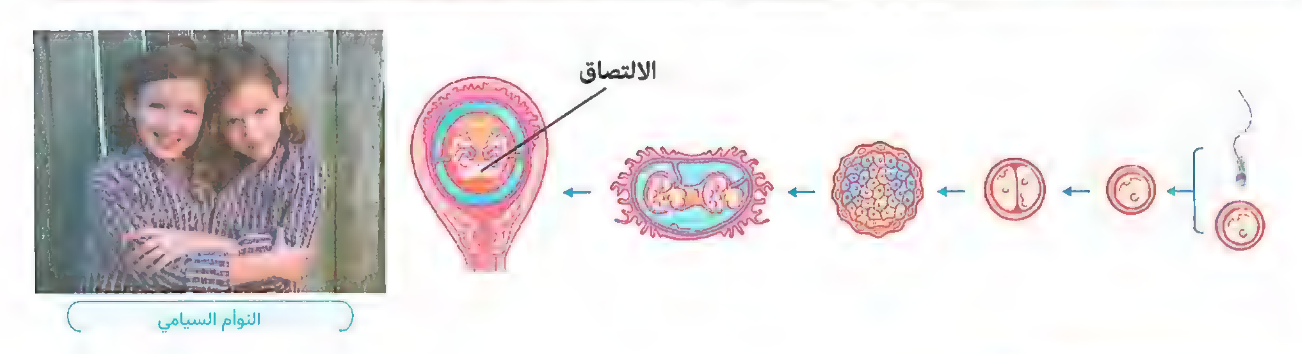





| | | |
|---|---|---|
| الأغشية الجنينية | لكل جنين منهما كيس جنيني ومشيمة مستقلة. | للجنينين مشيمة واحدة. |
| الجينات والصفات الوراثية | يحملان جينات مختلفة وبالتالي يختلفان في الصفات الوراثية (شقيقان لهما نفس العمر). | يحملان نفس الجينات وبالتالي يتطابقان تمامًا في جميع الصفات الوراثية. |
| الجنس | قد يختلفان في الجنس. | لهما نفس الجنس. |
| كمية البروجسترون المفرزة لدى الأم | تفرز كمية أكبر من البروجسترون. | تفرز كمية أقل من البروجسترون. |
| عدد المشيمات الناتجة بعد الولادة | يتم فصل مشيمتين من جدار الرحم. | يتم فصل مشيمة واحدة من جدار الرحم. |

## التوأم السيامي

توأم متماثل يولد ملتصق في مكان ما في الجسم ويمكن الفصل بينهما جراحيًا في بعض الحالات.



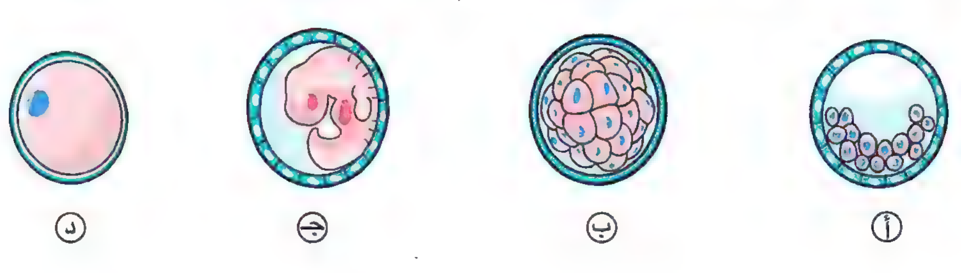

التوأم السيامي

## أسئلة الأداء الذاتي:

٤ أي البدائل التالية تعبرعن التغيرات التي تطرأ علي الزيجوت ليتحول إلي توتية ؟

| | عدد الخلايا | حجم الخلية | كمية المادة الوراثية للخلية |
|---|---|---|---|
| أ | يزداد | يزداد | تزداد |
| ب | ثابت | يزداد | ثابتة |
| ج | يزداد | يقل | ثابتة |
| د | يزداد | يقل | تزداد |

٥ أى الأشكال التالية تمثل طور الجنين الذى ينغمس فى بطانة الرحم ؟

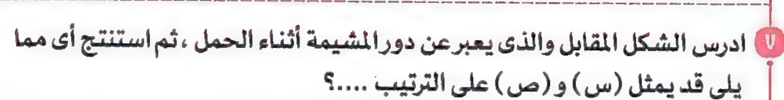


أ ب ج د

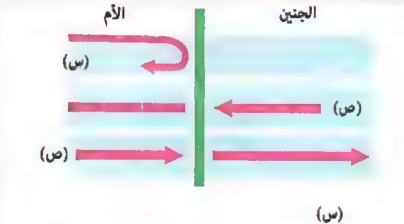
٦ أمامك جزء من الجهاز التناسلي الأنثوي، أي الأجزاء ضرورية لتثبيت الحمل في الرحم ؟

Ⓐ A,C
Ⓑ B,D
Ⓒ A,D
Ⓓ B,C

(D) (C) (B) (A)

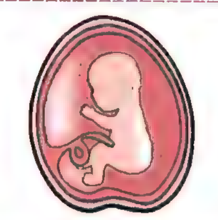


٧ ادرس الشكل المقابل والذى يعبر عن دور المشيمة أثناء الحمل ، ثم استنتج أى مما يلى قد يمثل (س) و (ص) على الترتيب ....؟




أ) الماء – الجلوكوز
ب) الأكسجين – ثانى أكسيد الكربون
ج) هرمون النمو – ثانى أكسيد الكربون
د) خلايا الدم البيضاء – الماء

٨ أي الأحداث التالية تتزامن مع مرحلة التكوين الجنيني الموضحة بالشكل المقابل ؟



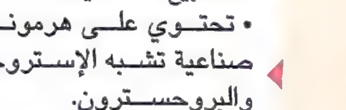
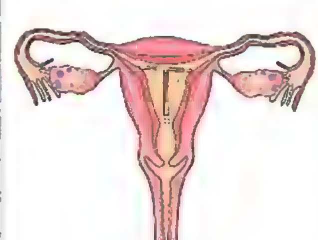
أ) بداية تكوين عضلات الرقبة والجذع
ب) اكتمال نمو المخ والحبل الشوكي
ج) التمييز الجنسي للجنين بالسونار
د) زيادة إفراز الباراثورمون في دم الأم

## مشاكل مرتبطة بالإنجاب

هناك مشاكل مرتبطة بالإنجاب في الإنسان، هي:

- مشكلة زيادة النسل: يستخدم في حلها وسائل منع الحمل.
- مشكلة العقم: يستخدم في حلها وسائل علمية متطورة.

### وسائل منع الحمل

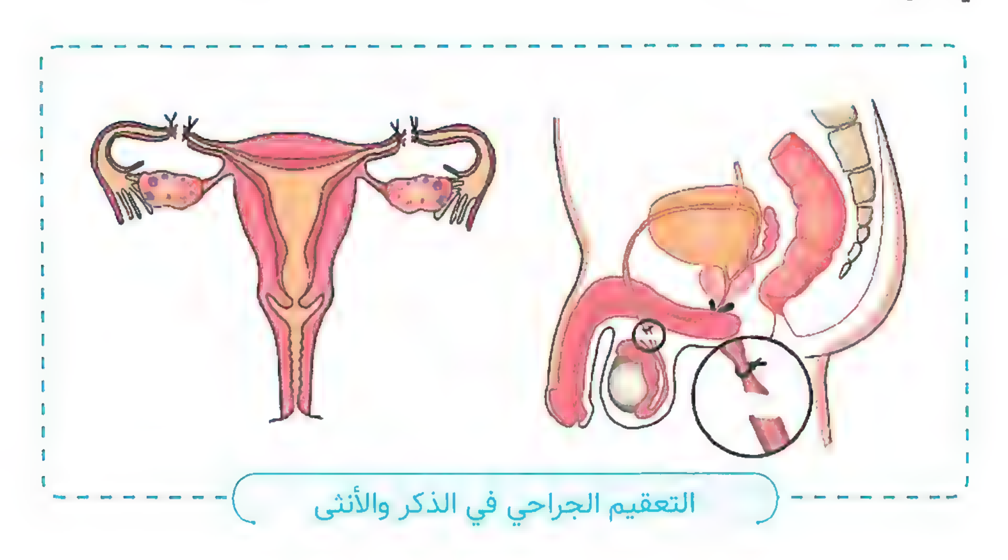
| | ① الأقراص | ② اللولب | ③ الواقي الذكري |
|---|---|---|---|
| آلية عملها | • يبدأ استخدامها بعد انتهاء الطمث ولمدة ٣ أسابيع متتالية.<br>• تحتوي على هرمونات صناعية تشبه الإستروجين والبروجسترون.  | يستقر اللولب في الرحم لمنع استقرار البويضة المخصبة في بطانة الرحم.    | يستخدمه الذكر لمنع دخول الحيوانات المنوية إلى المهبل. |
| التبويض | تمنع التبويض. | لا يمنع التبويض. | لا يمنع التبويض. |
| الإخصاب | تمنع الإخصاب. | لا يمنع الإخصاب. | يمنع الإخصاب. |
| حدوث الانقسام الميوزي الثاني للبويضة | لا يحدث. | يحدث. | لا يحدث. |

### ٤ التعقيم الجراحي:

- **للذكر:** يتم ربط الوعاءين الناقلين أو قطعهما لمنع خروج الحيوانات المنوية خلالهما.
- **للأنثى:** يتم ربط قناتي فالوب أو قطعهما لمنع وصول الحيوانات المنوية إلى البويضة وإخصابها.

### ٥ فترات الأمان:

- إحدى وسائل منع الحمل تعتمد فكرتها علي تحديد الأيام التي يمكن فيها ممارسة العلاقة الزوجية بين الزوجين في غير أيام التبويض لدي المرأة من كل دورة شهرية لتقليل فرصة حدوث إخصاب للبويضة وبالتالي منع حدوث الحمل .


التعقيم الجراحي في الذكر والأنثى

**ملحوظات**

- أكثر وسائل منع الحمل كفاءة هي "التعقيم الجراحي"، بينما أقل وسائل منع الحمل كفاءة هي "استخدام فترات الأمان".
- في حالة التعقيم الجراحي للذكر ينتج الذكر سائل منوي لا يحتوي على حيوانات منوية.
- التعقيم الجراحي وسيلة غير انعكاسية أي أنه لا يمكن أن يحدث حمل مرة أخري عند الحاجة علي عكس اللولب أو حبوب منع الحمل .
- أقراص منع الحمل تحتوي علي هرمونات صناعية تشبه الإستروجين والبروجستيرون تثبط إفراز الغدة النخامية لهرموني FSH,LH بالتغذية الراجعة السلبية وبالتالي يتوقف الانقسام الميوزي الأول للخلايا البيضية الأولية فلا تنضج حويصلة جراف ولا يحدث التبويض .

## فسر ؟

**في ضوء منهجك : أعط تفسيرا علميا دقيقا للحالات التالية :**

**١) قد يؤدي الإفراط في تناول حبوب منع الحمل إلى أورام في الرحم والثدي.**

- لأنها تحتوي على هرمونات صناعية تشبه الاستروجين والبروجسترون تنبه الانقسامات الميتوزية في كل من نسيج الثدي وبطانة الرحم فيزداد حجم الثدي تدريجيا ويزداد سمك بطانة الرحم بمعدل أكبر من الطبيعي مسببا أورام سرطانية.

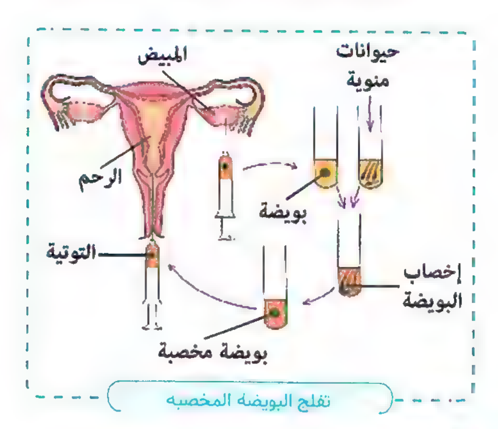
**٢) قد يحدث الطمث رغم عدم حدوث تبويض لدى بعض الإناث.**

- لأن ذلك قد يحدث في حالة تناول المرأة أقراص منع الحمل التي تحتوي على هرمونات صناعية تشبه الإستروجين والبروجسترون مما يمنع عملية التبويض ويهيئ الرحم للحمل لفترة محدودة ثم تتهدم بطانته تدريجيًا والتي يصاحبها نزيف وخروج الدم فيما يعرف بالطمث.

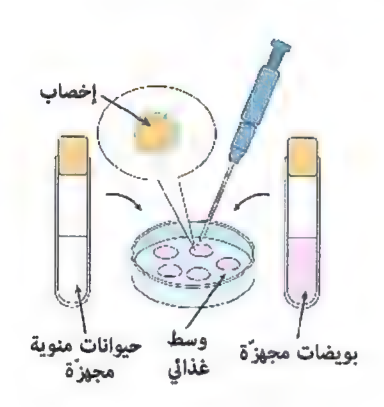
## وسائل علاج العقم

### أطفال الأنابيب

- يتم فصل بويضة من مبيض المرأة وإخصابها بحيوان منوي من زوجها داخل أنبوبة اختبار.
- يتم رعاية البويضة في وسط غذائي مناسب حتى تصل لمرحلة التوتية.
- يُعاد زراعة التوتية في رحم الزوجة حتى يتم اكتمال نمو الجنين.



تفلج البويضة المخصبة

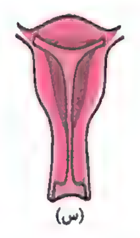
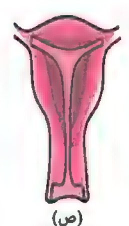
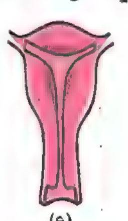
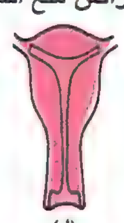
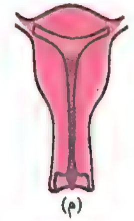



**اذكر مثالاً**

1. إخصاب خارجي وتكوين جنين داخلي ← أطفال الأنابيب.
2. إخصاب خارجي وتكوين جنين خارجي ← الحيوانات المائية مثل الأسماك العظمية والضفادع.
3. إخصاب داخلي وتكوين جنين خارجي ← الحيوانات البرية مثل الزواحف والطيور.
4. إخصاب داخلي وتكوين جنين داخلي ← الثدييات المشيمية مثل الإنسان

## أسئلة الأداء الذاتي:

9. أى الأشكال التالية تمثل حالة الرحم عند بداية ونهاية فترة استخدام أقراص منع الحمل ؟


(س)

(ص)

(ع)

(ل)

(م)

أ) من بداية م - إلى بداية ص
ب) من بداية ل - إلى نهاية ص
ج) من نهاية ل - إلى نهاية س
د) من بداية ل - إلى نهاية ع

10. أي البدائل التالية تمثل تأثير الواقي الذكري على الانقسامات الميوزية للخلايا البيضية لامرأة متزوجة ؟

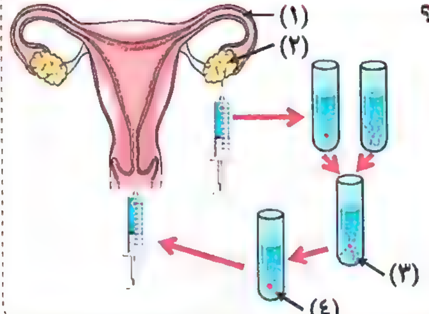
| | الانقسام الميوزي الأول | الانقسام الميوزي الثاني |
|---|---|---|
| أ | يحدث | لا يحدث |
| ب | لا يحدث | يحدث |
| ج | يحدث | يحدث |
| د | لا يحدث | لا يحدث |

⑪ الجدول المقابل يعبر عن حالات تزاوج تمت بين ٣ أزواج مختلفين . افحص الجدول جيدا ثم أجب :
نستنتج من دراسة الجدول المقابل أن ....................

| الحالات | عدد الحيوانات المنوية التى ينتجها الذكر | عدد الحيوانات المنوية التى تخرج من الجهاز التناسلي الذكرى | عدد الحيوانات المنوية التى تصل للبويضة |
|---|---|---|---|
| الأولى | ١٠٠ مليون | ٩٠ مليون | ٥٠٠ |
| الثانية | ٢٠٠ مليون | ١٩٥ مليون | صفر |
| الثالثة | ١٠٠ مليون | صفر | صفر |

ⓐ الزوج في الحالة الأولى يعاني من تأخر نزول الخصيتين
ⓑ الزوجة في الحالة الثالثة تستخدم اللولب
ⓒ الزوج في الحالة الثانية يعاني من انسداد في الوعاءين الناقلين
ⓓ الزوجة في الحالة الثانية تعاني من انسداد في قناتي فالوب


⑫ من الشكل المقابل : أين يكتمل الانقسام الميوزي للبويضة المستخدمة في هذه التقنية ؟




ⓐ (٦)
ⓑ (٧)
ⓒ (٣)
ⓓ (٤)

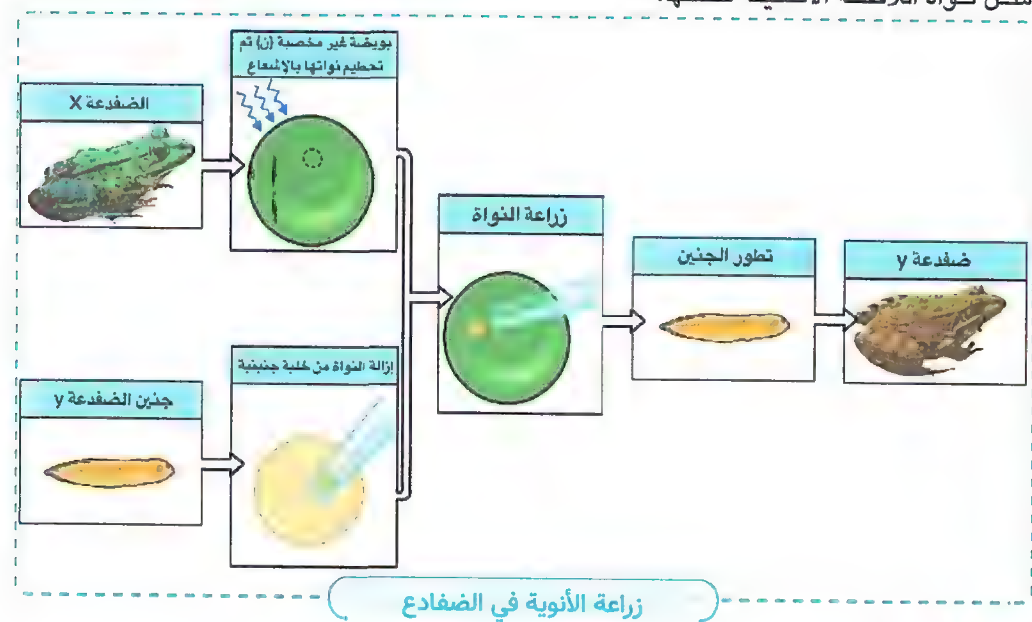
## زراعة الأنوية

إحلال نواة خلية جنينية متقدمة محل نواة بويضة غير مخصبة لنفس نوع الكائن الحي قد سبق نزع نواتها أو تحطيمها بالإشعاع فتنمو إلى فرد جديد ينتمي في صفاته للنواة المنزرعة.

**أمثلة:** الضفادع والفئران.

### تجربة على الضفدعة

1. تم إزالة أنوية خلايا أجنة الضفدعة في مراحل مختلفة من النمو.
2. تم زراعة هذه الأنوية في بويضات غير مخصبة للضفادع قد سبق نزع أنويتها أو تحطيمها بالإشعاع.
3. مضت كل من هذه البويضات في النمو العادي إلى أفراد لها صفات الأنوية المزروعة.
4. أمكن من ذلك إثبات قدرة الأنوية المنزرعة (النواة التي جاءت من خلية من جنين متقدم) على توجيه نمو الجنين مثل نواة اللاقحة الأصلية نفسها.




زراعة الأنوية في الضفادع

## أسئلة مقالية:

1. **كيف تحصل من بويضة غير مخصبة على فرد كامل بطريقتين مختلفتين ؟ وكيف تميز بينهما ؟**

**عن طريق:**

- زراعة الأنوية: وذلك بإحلال نواة خلية جنينية متقدمة محل نواة بويضة غير مخصبة لنفس نوع الكائن الحي قد سبق نزع نواتها أو تحطيمها بالإشعاع فتنمو إلى فرد جديد ينتمي في صفاته للنواة المنزرعة.
- التوالد البكري الصناعي: وذلك بتنشيط البويضة بواسطة تعريضها لصدمة حرارية أو كهربائية أو للإشعاع أو لبعض الأملاح أو للرج أو الوخز بالإبر فتتضاعف صبغياتها بدون إخصاب مكونة أفراد تشبه الأم.

**يمكن التمييز بينهما عن طريق الجنس حيث يكون:**

- الفرد الناتج من التوالد البكري الصناعي دائمًا أنثى.
- الفرد الناتج من زراعة الأنوية قد يكون ذكر أو أنثى حسب النواة المنزرعة.

2. **كيف تحصل على فئران ذكور من بويضات فقط ؟**

**عن طريق:**

عن طريق تقنية زراعة الأنوية، حيث يتم إزالة أنوية من خلايا أجنة فئران كان مقرر لها أن تكون ذكورًا ويتم زراعتها في بويضات غير مخصبة سبق نزع نواتها أو تحطيمها بالإشعاع فتنمو إلى فئران ذكور.

٣ كيف تحصل على جنين الضفدعة بثلاث طرق مختلفة، موضحًا جنس الجنين في كل حالة؟

- توالـــد بكري صناعي: وذلك بتنشـــيط البويضة بواســـطة تعريضها لصدمـــة حرارية أو كهربائية أو للإشـــعاع أو لبعض الأملاح أو للـــرج أو الوخز بالإبـــر فتتضاعف صبغياتها بـــدون إخصاب مكونة أفراد تشـــبه الأم.

**جنس الجنين:** أنثى.

- زراعـــة أنويـــة: وذلك بإحـــلال نواة خلية جنينيـــة متقدمة محل نـــواة بويضة غير مخصبـــة لنفس نوع الكائـــن الحي قد ســـبق نزع نواتها أو تحطيمها بالإشـــعاع فتنمـــو إلى فرد جديـــد ينتمي في صفاته للنـــواة المنزرعة.

**جنس الجنين:** ذكر أو أنثى حسب نواة الجنين.

- إخصاب طبيعي خارجي: وذلك في الماء بين ذكر وأنثى فتنمو اللاقحة وتنقسم مكونة الجنين.

**جنس الجنين:** ذكر أو أنثى.

٤ اذكر ثلاث حالات تتحول فيها الخلية (ن) إلى خلية (٢ن).

التوالد البكري الصناعي - زراعة الأنوية - الاقتران في الأسبيروجيرا.

## بنـــوك الأمشـــاج

**مكان وجودها:** توجد في بعض دول أوروبا وأمريكا خاصة للماشية والخيول.

**أهميتها:**

١ **الحفاظ على بعض الأنواع من الانقراض والإكثار منها وقت الحاجة:**

- تحفظ أمشاج هذه الحيوانات في حالة تبريد شديد (-١٢٠ م) لمدة تصل إلى ٢٠ سنة.
- تســـتخدم هـــذه الأمشـــاج بعـــد ذلـــك فـــي التلقيـــح الصناعـــي حتـــى بعـــد وفـــاة أصحابهـــا أو تعـــرض بعـــض الأنـــواع النـــادرة منهـــا للانقـــراض.

٢ **التحكم في جنس المواليد:** تجري بحوث للتحكم في جنس المواليد في حيوانات المزرعة، من خلال:

- فصل الحيوانات المنوية ذات الصبغي (X) عن الحيوانات المنوية ذات الصبغي (Y) من خلال طريقتين:
  - وسائل معملية كالطرد المركزي.
  - تعريضها لمجال كهربي محدود.
- يتم تطبيق هذه التقنية على الماشية بهدف إنتاج:
  - ذكور فقط: لإنتاج اللحوم.
  - إنـاث فقط: بهدف إنتاج الألبان والتكاثر (حسب الحاجة).

**يرغب بعض الناس بالاحتفاظ بأمشاجهم في تلك البنوك ضمانًا لاستمرار نسلهم حتى بعد وفاتهم بسنوات طويلة.**

**والسؤال الآن:** هل ستنجح هذه التقنية في حالة الإنسان؟

**سؤال تطبيقي:** كيف يمكن الحصول على جنين ذكر من أنثى تعاني من انسداد في قناتي فالوب؟

١- يتـــم فصـــل الحيوانـــات المنويـــة الخاصـــة بالـــزوج ذات الصبغـــي (X) عـــن الحيوانـــات المنويـــة ذات الصبغـــي (Y) وذلـــك بتعريضهـــا لمجـــال كهربـــي محـــدود أو باســـتخدام وســـائل معمليـــة كالطـــرد المركـــزي ثـــم يتـــم اســـتخدام الحيوانـــات المنويـــة ذات الصبغـــي (Y) فـــي عمليـــة الإخصـــاب.

٢- يتم فصل بويضة من مبيض امرأة وإخصابها بحيوانات منوية ذات صبغي (Y) داخل أنبوبة اختبار.

٣- يتم رعاية البويضة المخصبة في وسط غذائي مناسب حتى تصل لمرحلة التوتية.

٤- يعاد زراعة التوتية في رحم الزوجة حتى اكتمال نمو الجنين.

## أسئلة الأداء الذاتي:

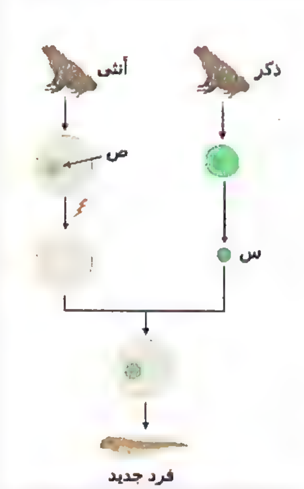
١٢ أي التقنيات التالية يمكن من خلالها الحصول علي ضفادع ذكور من بويضات فقط ؟

Ⓐ التوالد البكري الصناعي
Ⓑ زراعة الأنوية
Ⓒ الإخصاب الخارجي
Ⓓ زراعة الأنسجة

١٣ قام أحد الباحثين بتحطيم نواة بويضة أنثي فأر بيضاء اللون ثم فصل إحدي الخلايا لجنين مقرر له أن يكون ذكر رمادي اللون ونزع نواتها وزرعها في نواة البويضة ثم غمسها في رحم أنثي فأر بنية اللون . أي البدائل التالية تعبر عن نتيجة هذه التجربة ؟

Ⓐ أنثي بيضاء اللون
Ⓑ ذكر رمادي اللون
Ⓒ أنثي بنية اللون
Ⓓ ذكر بني اللون

١٤ إتمام العملية الموضحة بالشكل المقابل يدل على أن ....؟




Ⓐ التركيب (س) يحتوى على نفس العدد الصبغي للتركيب (ص)
Ⓑ التركيب (س) يحتوى على ضعف العدد الصبغي للتركيب (ص)
Ⓒ التركيب (س) يحتوى على نصف العدد الصبغي للتركيب (ص)
Ⓓ التركيب (س) يحتوى على نفس العدد الصبغي للتركيب (ص) أو يحتوى على نصف العدد الصبغي له

١٥ أى مما يلى لا يتناسب مع الهدف التطبيقي المقابل له ؟

Ⓐ زراعة الأنوية - إكثار حيوان عقيم
Ⓑ الإثمار العذري - تكاثر النباتات التى لا تنتج بذور
Ⓒ بنوك الأمشاج - الحفاظ على الأنواع من الانقراض
Ⓓ جهاز الطرد المركزي - التحكم في جنس المواليد




## أهداف الفصل

في نهاية هذا الفصل ينبغي أن يكون الطالب قادرًا على أن

- يتعرف مفهوم المناعة وأهميتها للكائنات الحية.
- يقارن بين المناعة الطبيعية والمناعة المكتسبة.
- يستنتج مسببات المرض عند النباتات.
- يشرح كيف يعمل جهاز المناعة في النبات.
- يتعرف المناعة التركيبية والمناعة البيوكيميائية في النبات.
- يحدد مكونات الجهاز المناعي في الإنسان.
- يتعرف الأعضاء الليمفاوية في الإنسان.
- يحدد انواع الخلايا الليمفاوية.
- يتعرف الأجسام المضادة وطرق عملها.
- يفسر آلية عمل الجهاز المناعي في الإنسان.
- يحدد بعض وسائل المناعة الطبيعية.
- يقدر جهود العلماء في التقدم المذهل في علم المناعة.
- يقدر عظمة الخالق في دور بعض أعضاء الجسم في حمايته من الميكروبات.

الدرس 1: المناعة في النبات

الدرس 2: المناعة في الإنسان

الدرس 3: آلية عمل الجهاز المناعي في الإنسان

### أهم المفاهيم

- المناعة.
- المناعة التركيبية.
- التيلوزات.
- التراكيب المناعية الخلوية.
- المناعة البيوكيميائية.
- الأجسام المضادة.
- المناعة الطبيعية.
- خط الدفاع الأول.
- خط الدفاع الثاني.
- الاستجابة بالإلتهاب.
- الاستجابة المناعية.
- المناعة الخلطية.
- المناعة الخلوية.
- الاستجابة المناعية الخلو[...]
- الاستجابة النوعية للانتيج[...]

# المناعة في النبات

## مقدمة

### ✦ المقصود بالمناعة ؟

☜ مقدرة الجسم على التمييز بين الخلايا الذاتية وغير الذاتية Self and non-self وذلك بهدف مقاومة:

- **مسببات الأمراض**: مثل بعض الحشرات – البكتيريا – الفيروسات ..إلخ
- **الأجسام الغريبة**: مثل : الشظية – السموم

من خلال الجهاز المناعي عن طريق:

- منع دخولها الجسم
- مهاجمتها والقضاء عليها عند دخولها الجسم الكائن الحي

**ويبقي السؤال الأهم : ما هي المصادر التي تهدد حياة الكائن الحي ؟**

- **مصادر حيوية**: مسببات الأمراض، مثل: بعض الحشرات – البكتيريا – الفيروسات – الأوليات الحيوانية – الفطريات
- **مصادر غير حيوية**: مثل: الحوادث – الكوارث الطبيعية – اختلال عناصر البيئة المحيطة

، **وعلي ذلك** تتعرض الكائنات الحية للتهديد المستمر من مصادر مختلفة..

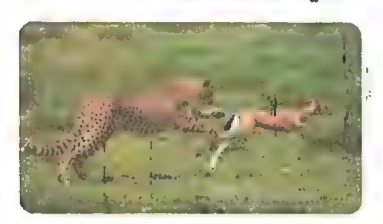
☜ **لذلك** تلجأ هذه الكائنات إلى الصراع الدائم مع ما يهدد حياتها من أخطار مما يجعلها تطور من آليات الدفاع عن نفسها من أجل البقاء.

، **ومن هذه الآليات:**

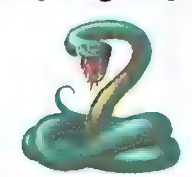
١ تغيير لون الجسم بغرض التمويه (المماتنة) مثل الحرباء



٢ الجري للهروب من العدو مثل الغزال .



٣ إفراز السموم لقتل الكائن الآخر مثل الثعابين



**يعمل الجهاز المناعي على مهاجمة الميكروبات من خلال نظامين أساسيين هما :**

1. المناعة الفطريـة أو الموروثة (الطبيعية=غير التخصصيـة=غير التكيفية=غير النوعية).
2. المناعة المكتسبة أو التكيفية (التخصصية=النوعية).

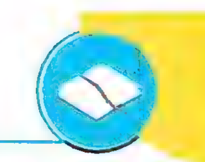
، وهذان النظامان يعملان بتعاون وتنسيق مع بعضهما ... **علل ؟**

– لأن المناعة الفطرية أساسية لأداء المناعة المكتسبة عملها بنجاح والعكس صحيح مما يمكن الجسم من التعامل مع الكائنات المرضة بنجاح.

## مسببات المرض والموت عند النبات



| | ١ الأعداء الخطرة | ٢ الظروف غير الملائمة | ٣ المواد السامة |
|---|---|---|---|
| **أمثلة** | – حيوانات الرعي.<br>– الحشرات.<br>– الفطريات.<br>– البكتيريا.<br>– الفيروسات. | – الحرارة العالية.<br>– البرودة الزائدة.<br>– نقص أو زيادة الماء.<br>– نقص العناصر الغذائية.<br>– التربة غير الملائمة. | – الدخان.<br>– الأبخرة السامة.<br>– المبيدات الحشرية.<br>– الصرف الصحي غير المعالج.<br>– المواد المتدفقة من المصانع إلى الأنهار أو مياه الري. |
| **النوع** | خطر حيوي. | خطر فيزيائي. | خطر كيميائي. |
| **التأثير الضار الناتج عنها** | غالبًا تنشأ عنها أضرار بالغة قد تودي بحياة النبات أو تسبب له أمراضًا خطيرة. | تنشأ عنها أضرار يمكن تلافيها أو علاجها بزوال السبب إلا أن بعض المواد السامة قد تكون قاتلة للنبات. | |






## طرق المناعة في النبات Plant immunity

**تحمي النباتات نفسها من الكائنات المسببة للأمراض بطريقتين، كما يأتي:**

- **طرق المناعة في النبات**
  - **المناعة التركيبية** (خط الدفاع الأول)
    - وسائل مناعية تركيبية موجودة أصلًا في النبات
      - الجدار الخلوي
      - الأدمة الخارجية لسطح النبات
    - وسائل مناعية تركيبية تتكون كاستجابة للإصابة بالكائنات الممرضة
      - تكوين الفلين
      - تكوين التيلوزات
      - ترسيب الصموغ
      - التراكيب المناعية الخلوية
      - الحساسية المفرطة
  - **المناعة البيوكيميائية** (خط الدفاع الثاني)
    - المستقبلات التي تدرك وجود الميكروب وتنشط دفاعات النبات
    - المواد الكيميائية المضادة للكائنات الدقيقة
      - الفينولات والجلوكوزيدات
      - الأحماض الأمينية غير البروتينية، وتشمل مركبات كيميائية سامة (الكانافنين – السيفالوسبورين)
      - إنزيمات نزع السمية
    - البروتينات المضادة للكائنات الدقيقة

## أولًا المناعة التركيبية Structural immunity

حواجز وتراكيب طبيعية يمتلكها النبات وتمثل خط الدفاع الأول لمنع دخول الكائنات المسببة للأمراض إلى النبات وانتشارها بداخله.

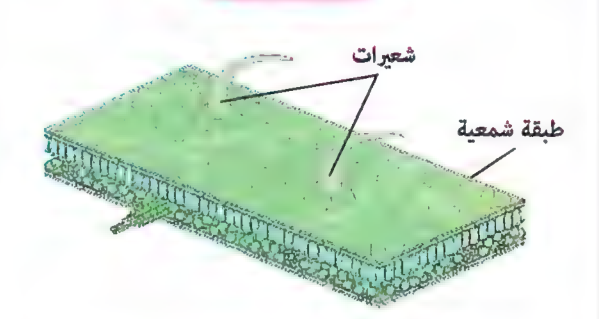
**تتضمن المناعة التركيبية نوعين من الآليات المناعية:**

### أ الوسائل المناعية التركيبية الموجودة أصلًا (سلفًا) في النبات

**تتمثل المناعة في:**

1. الأدمة الخارجية لسطح النبات.
2. الجدار الخلوي.

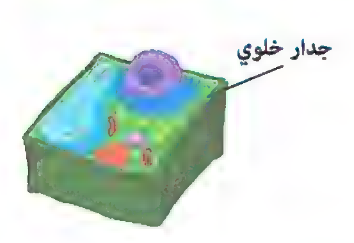
## الأدمة الخارجية لسطح النبات



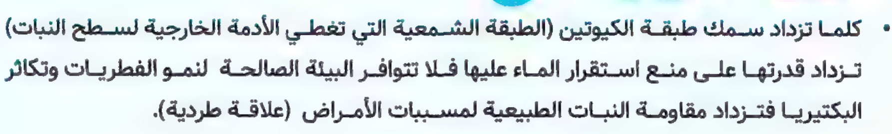

تمثل حائط الصد الأول في مقاومة مسببات المرض؛ لأنها قد تغطيها أو تكسوها:

- طبقة شمعية من الكيوتيكل (كيوتين) تمنع استقرار الماء عليها فلا تتوافر البيئة الصالحة لنمو الفطريات وتكاثر البكتيريا كما في التفاح.
- شعيرات تمنع تجمع الماء عليها مما يقلل من فرص الإصابة بالأمراض كما في ثمرة الكيوي.
- أشواك تمنع أكل النبات من بعض حيوانات الرعي كما في التين الشوكي.

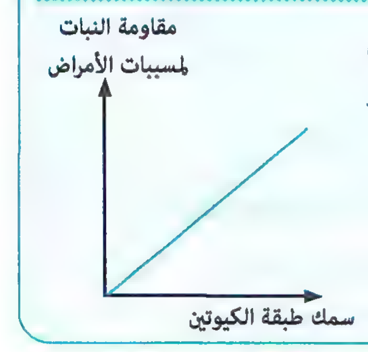
## الجدار الخلوي




يمثل الواقي الخارجي للخلايا خاصة طبقة البشرة الخارجية؛ لأنه يتركب بصفة أساسية من السليلوز وبعد تغلظه بـاللجنين يصبح صلبًا مما يصعب على الكائنات الممرضة اختراقه وبالتالي منع دخول الكائنات الممرضة للنبات.

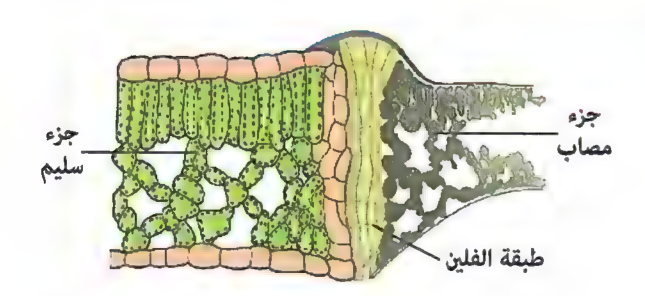



- كلما تزداد سمك طبقة الكيوتين (الطبقة الشمعية التي تغطي الأدمة الخارجية لسطح النبات) تزداد قدرتها على منع استقرار الماء عليها فلا تتوافر البيئة الصالحة لنمو الفطريات وتكاثر البكتيريا فتزداد مقاومة النبات الطبيعية لمسببات الأمراض (علاقة طردية).




## ٢ وسائل مناعية تركيبية تتكون كاستجابة للإصابة بالكائنات الممرضة

### ١ تكوين الفلين Formation of Phellem (cork)




✪ **توقيت الحدوث:** عندما تتعرض المناطق النباتية للقطع أو التمزق نتيجة:

- نمو النبات في السمك.
- سقوط الأوراق في الخريف.
- تعدي الإنسان والحيوان.
- جمع الثمار.

✪ **الأهمية:** عزل المناطق النباتية التي تتعرض للقطع أو التمزق ومنع دخول الكائنات الممرضة من خلالها.

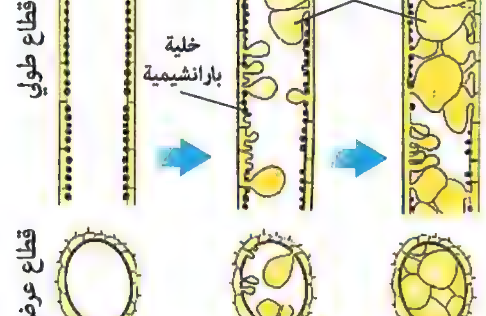
✪ **النتيجة:** منع دخول الكائن الممرض.

## للاطلاع فقط

- نمو النبات في الطول لا يعرض النبات للقطع أو التمزق نتيجة عدم وجود إطار عمودي يحد من الحركة، بينما نمو النبات في السمك قد يؤدي إلى تمزق بعض الأجزاء النباتية نتيجة وجود أنسجة محيطية عرضية تحد من النمو (نمو ثانوي)، وبالتالي قد يعقبه تكوين الفلين لمنع دخول الميكروبات للنبات.
- خصائص طبقة الفلين:
  - نسيج كامبيوم خلاياه ميتة بسبب ترسيب مادة السيوبرين غير المنفذة للماء.
  - لا تسمح بمرور الغازات والسوائل.
  - يصعب تحليلها بواسطة الكائنات الممرضة.

## ٢ تكوين التيلوزات Formation of Tyloses

نموات زائدة تنشأ نتيجة تمدد الخلايا البارانشيمية المجاورة لقصيبات الخشب وتمتد داخلها من خلال النقر.

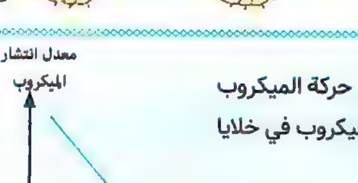





- **توقيت الحدوث:** عندما يتعرض الجهاز الوعائي للقطع أو الغزو من الكائنات الممرضة.
- **الأهمية:** تعيق حركة الكائنات المرضة عن الوصول إلى الأجزاء الأخرى من النبات.
- **النتيجة:** منع انتشار الكائن الممرض.

## علاقات بيانية

- كلما زادت سرعة تكوين التيلوزات عقب إصابة النبات بالميكروب يتمكن النبات من إعاقة حركة الميكروب ومنعه من الوصول للأجزاء الأخرى من النبات خلال فترة زمنية أقل فيقل معدل انتشار الميكروب في خلايا النبات (علاقة عكسية).




## ٣ ترسيب الصموغ Deposition of Gums

- **توقيت الحدوث:** عندما يصاب النبات بقطوع أو جروح.
- **الأهمية:** منع دخول الميكروبات داخل النبات من خلال الأجزاء المجروحة أو المقطوعة.
- **النتيجة:** منع دخول الكائن الممرض.

### ملحوظات

- زيادة عدد التيلوزات قد يؤدي إلى انسداد جزئي في الأوعية والقصيبات الخشبية التي تنتقل من خلالها الماء إلى أجزاء النبات العليا خاصة الأوراق مما قد يسبب نقص الدعامة الفسيولوجية في خلايا هذه الأوراق أو نقص معدل النتح .

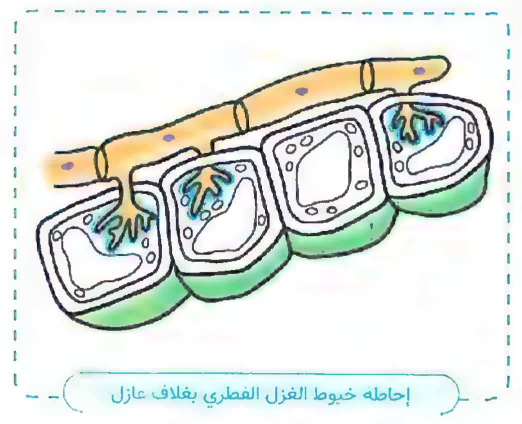
## ٤ التراكيب المناعية الخلوية Cellular immune structures

تراكيب خلوية في النبات تحدث فيها بعض التغيرات الشكلية نتيجة غزو الكائنات الممرضة للنبات.

- **أمثلة:**

١ انتفاخ الجدر الخلوية لخلايا البشرة وتحت البشرة عن طريق ترسيب بعض المواد الصلبة المقاومة للكائنات الممرضة أو زيادة نفاذية الخلايا للماء وذلك أثناء الاختراق المباشر للكائن الممرض مما يؤدي إلى تثبيط اختراقه لتلك الخلايا (أي يمنع دخوله إلى الخلايا).

٢ إحاطة خيوط الغزل الفطري المهاجمة للنبات بغلاف عازل حتى يمنع انتقاله من خلية لأخرى وبالتالي منع انتشاره داخل الخلايا.



إحاطة خيوط الغزل الفطري بغلاف عازل






## ① التخلص من النسيج المصاب (الحساسية المفرطة) Hypersensitivity

- **توقيت الحدوث:** عندما يقوم النبات بالتخلص من الكائن الممرض عن طريق قتل أنسجته المصابة.
- **الأهمية:** منع انتشار الكائن الممرض من الأنسجة المصابة إلى أنسجة النبات السليمة.
- **النتيجة:** منع انتشار الكائن الممرض.
- **ملحوظات:**

**الجدار الخلوي له دور مزدوج في المناعة التركيبية**

- **قبل الاختراق:** يعمل كواقي خارجي للخلايا خاصة خلايا البشرة الخارجية لأنه يتكون بصفة أساسية من السليلوز وبعد تغلظه باللجنين يزداد قوة وصلابة مما يصعب على الكائنات الممرضة اختراقه.
- **بعد الاختراق:** تنتفخ الجدر الخلوية لخلايا البشرة وتحت البشرة أثناء الاختراق المباشر للكائن الممرض مما يؤدي إلى تثبيط اختراقه لتلك الخلايا.

## ② مقارنة بين دور المواد الكيميائية في الدعامة والمناعة:

| | الكيوتين | السيوبرين | السليلوز أو اللجنين |
|---|---|---|---|
| دوره في تدعيم النبات | - يترسب على جدر خلايا البشرة (دعامة تركيبية).<br>- لا يسمح بنفاذ الماء مما يساعد على احتفاظ الخلية بالماء وتقليل فقد هذا الماء (دعامة فسيولوجية). | يترسب في طبقة الفلين غير المنفذة للماء التي تحيط بالنبات (دعامة تركيبية). | يترسب في جدر خلايا النبات أو أجزاء منها، مثل: الخلايا الكولنشيمية والخلايا الإسكلرنشيمية ليكسبها الصلابة والقوة كما أن موقع هذه الخلايا وأماكن انتشارها يدعم النبات (دعامة تركيبية). |
| دوره في المناعة | يدخل في تكوين الطبقة الشمعية التي تغطي الأدمة الخارجية لسطح النبات مما يمنع استقرار الماء عليها فلا تتوافر البيئة الصالحة لنمو الفطريات وتكاثر البكتيريا مما يعمل على حماية النبات. | يترسب في طبقة الفلين التي تتكون عندما تتعرض المناطق النباتية للقطع أو التمزق لعزل هذه المناطق ومنع دخول الكائنات الممرضة من خلالها وبالتالي حماية النبات. | يدخل بصفة أساسية في تركيب الجدار الخلوي الذي يتغلظ باللجنين بعد ذلك فيصبح صلبًا مما يصعب على الكائنات الممرضة اختراقه وبالتالي حماية النبات من مسببات الأمراض حيث يعتبر الجدار الخلوي الواقي الخارجي للخلايا خاصة خلايا طبقة البشرة الخارجية. |

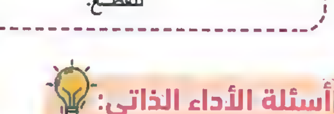



**يتكون الفلين**

يقوم بعزل المناطق النباتية التي تعرضت للقطع.

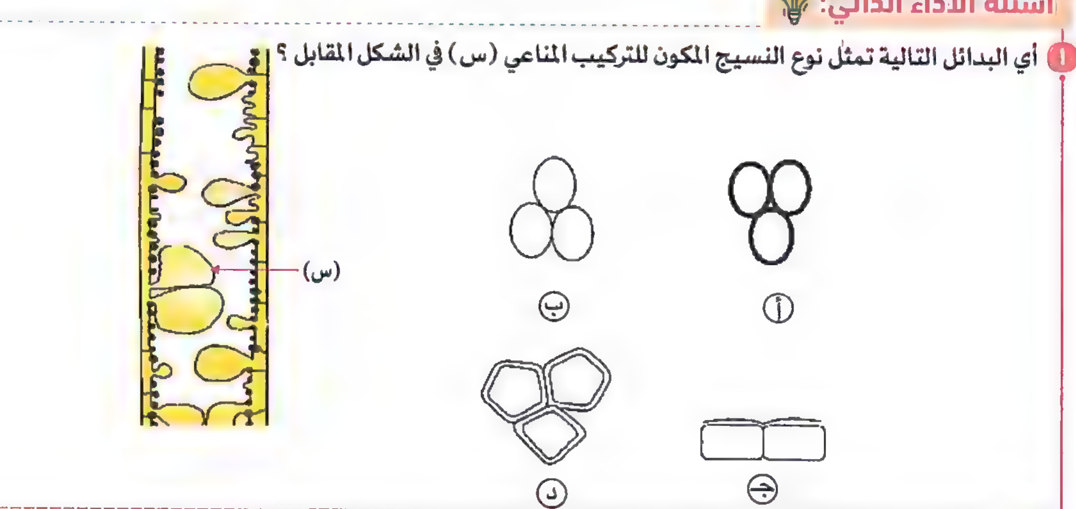



يقوم بمنع دخول الكائنات الممرضة داخل النبات من خلال الجزء المقطوع.



## أسئلة الأداء الذاتي:

١ أي البدائل التالية تمثل نوع النسيج المكون للتركيب المناعي (س) في الشكل المقابل ؟




٢ أي الغازات التالية قد ينتج عن زيادتها تلف دائم للخلايا النباتية لا يمكن تلافيه بزوال السبب ؟

أ الأكسجين   ب النيتروجين   ج ثاني أكسيد الكبريت   د ثاني أكسيد الكربون

٣ أي البدائل التالية لا تنطبق على الطبقة (س) في النبات الموضح بالشكل المقابل ؟

أ تتكون من خلايا ميتة يترسب فيها مادة السيوبرين غير المنفذة للماء

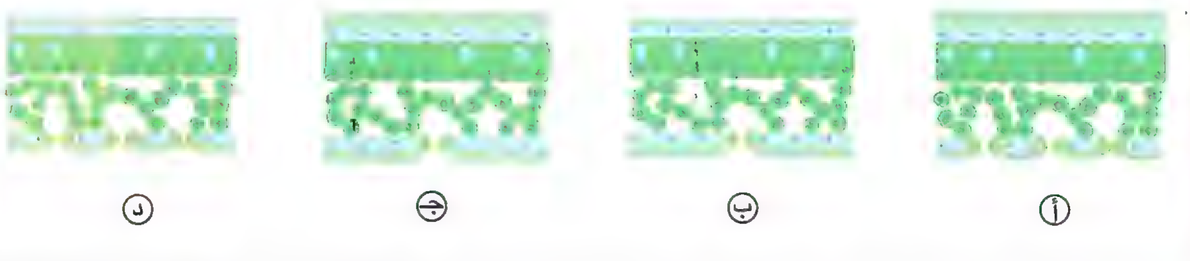
ب تشكل عازل للمناطق المصابة يصعب تحليلها بواسطة الكائن الممرض

ج تتكون نتيجة زيادة النبات في الطول أثناء النمو الرأسي

د تمثل وسيلة مناعية تركيبية غير موجودة في جينات الجنين قبل الإنبات




٤ أي الأشكال التالية تعبر عن أوراق النباتات الأقل مقاومة للإصابة بالميكروبات ؟



## ثانيًا المناعة البيوكيميائية Biochemical immunity

استجابة النبات بإفراز مواد كيميائية ضد الكائنات المرضة.

**تتضمن المناعة البيوكيميائية الآليات المناعية التالية:**

### أ المستقبلات Receptors

مركبات بروتينية توجد في النباتات المصابة والسليمة إلا أن تركيزها يزداد في النباتات عقب الإصابة.

**وظيفتها:**

1. تدرك وجود الميكروب.
2. تنشط دفاعات النبات بتحفيز وسائل جهاز المناعة الموروثة فيه؛ لذلك تعتبر حلقة الوصل بين المناعة التركيبية والمناعة البيوكيميائية.

### ب مواد كيميائية مضادة للكائنات الدقيقة Antimicrobial chemicals

مركبات تفرزها بعض النباتات لمقاومة الكائنات المرضة، وهي قد:

- تكون موجودة أصلاً في النبات قبل حدوث الإصابة.
- تؤدي الإصابة إلى تكوينها.

**من هذه المركبات:**

- الفينولات والجلوكوزيدات Phenols and Glycosides: مركبات كيميائية سامة تقتل الكائنات المرضة أو تثبط نموها.
- أحماض أمينية غير بروتينية Non-protein amino acids:

- هي أحماض أمينية لا تدخل في بناء البروتينات في النبات ولكنها تعمل كمواد واقية حيث تشمل مركبات كيميائية سامة للكائنات المرضة، مثل: الكانافنين Canavanine، السيفالوسبورين Cephalosporin.

### ج بروتينات مضادة للكائنات الدقيقة Antimicrobial proteins

بروتينات غير موجودة أصلاً بالنبات ولكنه يستحث إنتاجها نتيجة الإصابة.

- **وظيفتها:** تتفاعل مع السموم التي تفرزها الكائنات المرضة وتحولها إلى مركبات غير سامة للنبات.
- **مثال:** إنزيمات نزع السمية Detoxifying enzymes، هي إنزيمات تنتجها النباتات أحيانًا لكي تقوم بالتفاعل مع السموم التي تفرزها الكائنات المرضة وتبطل سميتها.

**ملحوظات**

- تلجأ بعض النباتات إلى تقوية وتعزيز دفاعاتها بعد الإصابة ... علل؟
حتى تحمي نفسها من أي إصابة جديدة وذلك باستمرار وجود المواد الكيميائية التي تكونت نتيجة حدوث الإصابة.
- الأحماض الأمينية التي لا تدخل في بناء البروتين ليس لها شفرة مثل: الكانافنين والسيفالوسبورين.

ويمكن تلخيص ما سبق في المخطط التالي : **عند اصابة النبات ببكتيريا سامة:**

بكتيريا سامة

تدرك المستقبلات وجود هذه البكتيريا وتنشط دفاعات النبات بتحفيز وسائل جهاز المناعة الموروثة فيه لإفراز:

- مواد كيميائية مضادة للكائنات الدقيقة
  - مواد سامة وقاتلة
    - الفينولات
    - الجلكوزيدات
  - مواد واقية للنبات وسامة للبكتيريا
    - الكانافنين
    - السيفالوسبورين
- بروتينات مضادة للكائنات الدقيقة
  - إنزيمات نزع السمية للتفاعل مع السموم التي تفرزها البكتيريا وتبطل سميتها.

## دور الإنسان في حماية النبات من الكائنات الممرضة

✪ نظرًا لأهمية النبات للإنسان فإن الإنسان يستعمل طرقاً ويستحدث وسائل تعمل على حماية ووقاية النباتات من الأمراض، مثل:

1. استعمال المبيدات للقضاء على الأعشاب الضارة.
2. مقاومة الحشرات بطرق مختلفة.
3. حث النباتات على مقاومة الأمراض فيما يعرف بـ«المناعة المكتسبة».
4. إنتاج سلالات نباتية جديدة مقاومة للأمراض والحشرات من خلال:
   - التربية النباتية Breeding.
   - الهندسة الوراثية Genetic Engineering.

### ملحوظات

- يلعب الجهاز الوعائي دوراً هاماً في تدعيم الجهاز المناعي في النبات ... **فسر؟**
  - حيث تنتقل مركبات تنشيط الحماية والمقاومة من خلية لأخرى بطريقة منتظمة من خلال جهاز النقل (أوعية وقصيبات) والذي يقابل الأوعية الدموية في الحيوانات.
  - حيث أنه عندما يتعرض الجهاز الوعائي للقطع أو الغزو من الكائنات الممرضة تمتد من الخلايا البارانشيمية المجاورة لقصيبات الخشب نموات زائدة تعرف بالتيلوزات تعيق حركة الكائنات المرضة من الوصول للأجزاء الأخرى للنبات.








## أسئلة الأداء الذاتي:



⑤ الرسم البياني المقابل يوضح تركيز مادة (A) موجودة في خلايا نبات ومادة (B) تكونت في مكان قطع فرع النبات.

ما العلاقة بين المادتين (B)، (A)؟

Ⓐ (A) تكونت كاستجابة لتأثير (B)

Ⓑ (B)، (A) عبارة عن مناعة تركيبية مكتسبة

Ⓒ (B)، (A) عبارة عن مناعة بيوكيميائية مكتسبة

Ⓓ (B) تكونت كاستجابة لتأثير (A)

تركيز المواد في النبات
مادة (A)
مادة (B)
الزمن
قبل القطع
بعد القطع

⑥ الجدول المقابل يوضح آليات المناعة الثلاثة للمواد (س)، (ص)، (ع) في الخلايا النباتية. ادرس الجدول جيداً ثم أجب:

| المادة | الآلية المناعية |
| --- | --- |
| س | الوقاية |
| ص | التحفيز |
| ع | إبطال السموم |

ما وجه الشبه بين المادتين (ص)، (ع)؟

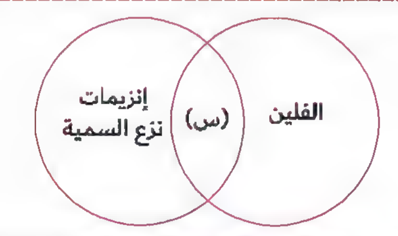
Ⓐ كلاهما يتواجد في النباتات السليمة والمصابة

Ⓑ كلاهما يقضي على الميكروب مباشرة

Ⓒ كلاهما يتواجد في الفجوات العصارية

Ⓓ كلاهما يتكون من أحماض أمينية لها شفرة

⑦ ما الذي يرمز إليه (س) في الشكل المقابل؟




Ⓐ المناعة الفطرية

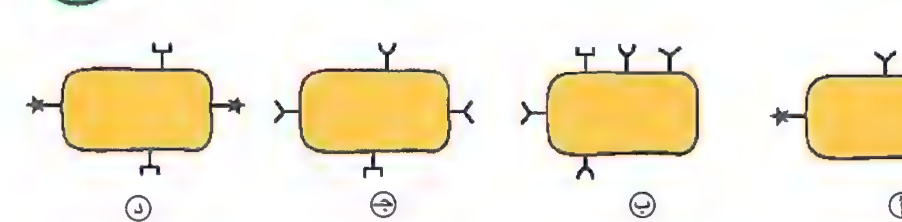
Ⓑ التركيب الكيميائي

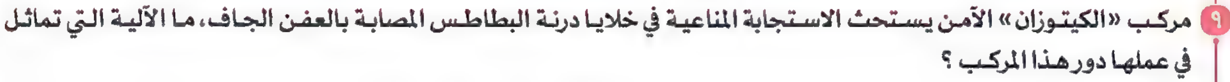
Ⓒ المناعة المكتسبة

Ⓓ الوظيفة البيولوجية

⑧ أي الخلايا النباتية التالية تكون أكثر جاهزية لمقاومة الميكروب الموضح بالشكل المقابل؟





⑨ مركب «الكيتوزان» الآمن يستحث الاستجابة المناعية في خلايا درنة البطاطس المصابة بالعفن الجاف، ما الآلية التي تماثل في عملها دور هذا المركب؟

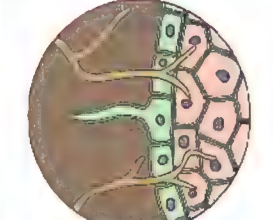
Ⓐ السيفالوسبورين

Ⓑ إنزيمات نزع السمية

Ⓒ المستقبلات

Ⓓ تعزيز دفاعات النبات

⑩ الشكل المقابل يوضح علاقة تكافلية بين النبات وأحد الفطريات، ادرسه جيداً ثم استنتج أي مما يأتي قد يحدث كرد فعل من النبات؟



Ⓐ يقوم النبات بتكوين أغلفة عازلة حول الخيوط الفطرية

Ⓑ يقوم النبات بإفراز فينولات سامة تثبط إنبات جراثيم الفطر

Ⓒ يقوم النبات بتكوين السيفالوسبورين كمواد واقية

Ⓓ يتكيف النبات مع وجود الفطر داخل خلاياه بهدف تبادل المنفعة

# المناعة في الإنسان

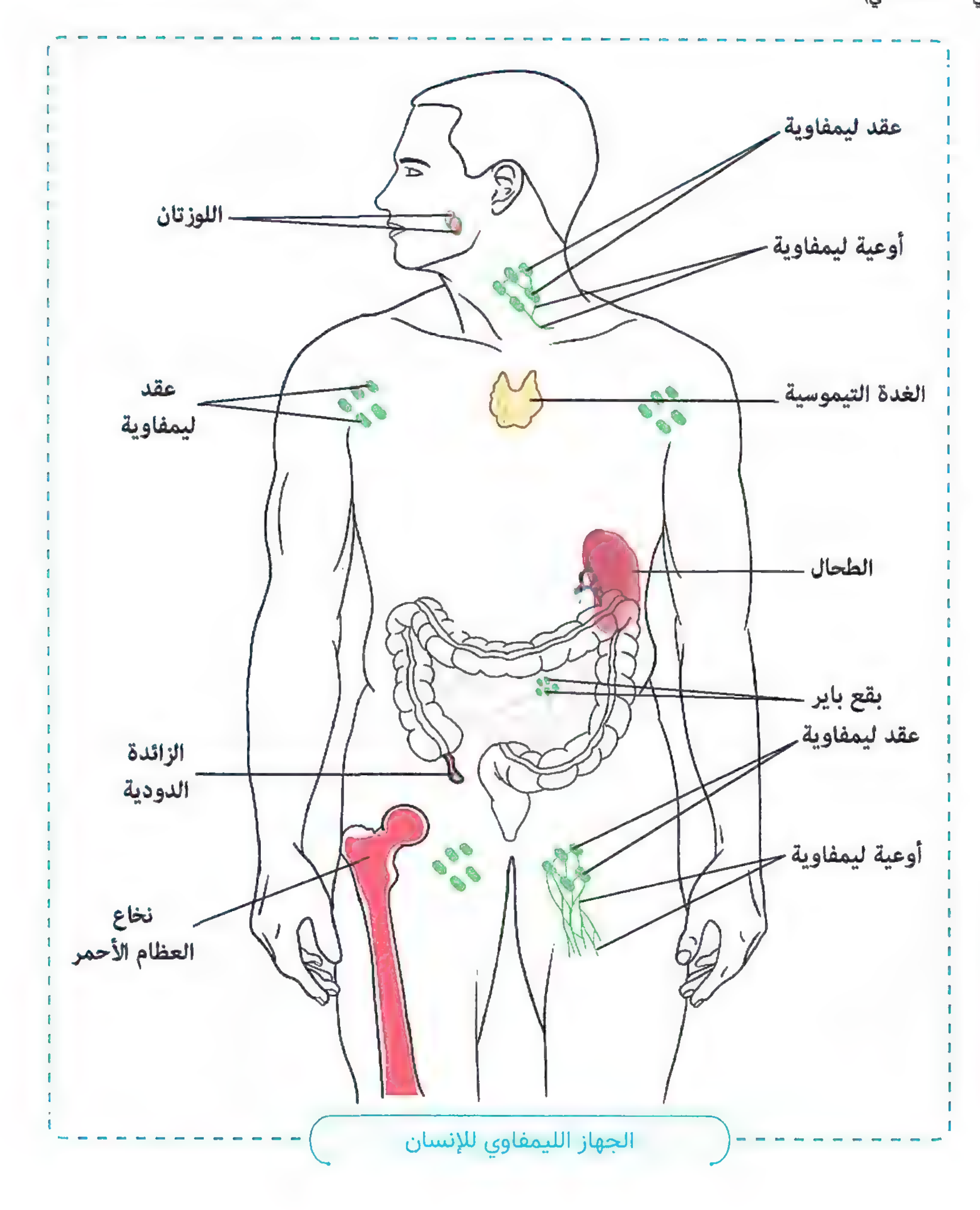
## الجهـــاز المناعـــي فـــي الإنســـان Human Immune System

**من الناحية التشريحية**

- متناثر الأجزاء في جميع أنحاء الجسم.
- أجــزاؤه متفرقــة لا ترتبــط مــع بعضهــا بصــورة تشــريحية متتاليــة كمــا فــي الجهــاز (الــدوري - الهضمــي - التنفســي).

**من الناحية الوظيفية**

- أجزاؤه تتفاعل وتتعاون مع بعضها بصورة متناسقة.
- يعتبر من الناحية الوظيفية وحدة واحدة.




الجهاز الليمفاوي للإنسان

## تركيب الجهاز المناعي (الليمفاوي) في الإنسان

**الجهاز الليمفاوي**

- **أولا: الأعضاء الليمفاوية**
  - نخاع العظام
  - الغدة التيموسية
  - اللوزتان
  - الطحال
  - بقع باير
  - العقد الليمفاوية
- **ثانيا: خلايا الدم البيضاء**
  - محببة السيتوبلازم
    - القاعدية
    - الحامضية
    - المتعادلة
  - غير محببة السيتوبلازم
    - الخلايا الليمفاوية
      - الخلايا البائية B ← تتحول إلى ← الخلايا البائية البلازمية ← تقوم بإنتاج ← الأجسام المضادة
      - الخلايا التائية T
        - التائية المساعدة $T_H$
        - التائية السامة $T_C$
        - التائية المثبطة $T_S$
      - الخلايا القاتلة الطبيعية
    - الخلايا وحيدة النواة ← تتحول إلى ← الخلايا البلعمية الكبيرة
      - الثابتة
      - الدوارة (الجوالة)
- **ثالثا: المواد الكيميائية المساعدة**
  - الكيموكينات
  - الإنترليوكينات
  - سلسلة المتممات
  - الإنترفيرونات
- **رابعا: الأجسام المضادة**
  - IgM
  - IgA
  - IgG
  - IgE
  - IgD

## أولا: الأعضاء الليمفاوية Lymphoid organs

يطلق على بعض أعضاء الجهاز المناعي (الأعضاء الليمفاوية) ... علل ؟

حيث : – تعد موطنًا للخلايا الليمفاوية التي تكون الجهاز الليمفاوي بشكل أساسي .

–يتم فيها نضج وتمايز الخلايا الليمفاوية، لذلك فهي تحتوي على أعداد غفيرة من الخلايا الليمفاوية.

### للاطلاع فقط

- تنقسم الأعضاء الليمفاوية إلى:
- أعضاء ليمفاوية أولية: يتم فيها تكوين أو نضج الخلايا الليمفاوية وتشمل نخاع العظام الأحمر والغدة التيموسية.
- أعضاء ليمفاوية ثانوية: يتم فيها تخزين الخلايا الليمفاوية لحين الحاجة إليها مثل العقد الليمفاوية.

**ومن أهم الأعضاء الليمفاوية ما يلي:**

## ١ نخاع العظام Bone marrow

- **نوعه:** عضو ليمفاوي أولي.
- **مكان وجوده:** نسيج يوجد داخل:
  - العظام المسطحة، مثل: الترقوة - الكتف - الجمجمة - الضلوع - القص - الحوض.
  - رءوس العظام الطويلة، مثل: الفخذ - الساق - العضد.
- **وظيفة نخاع العظام الأحمر:**

يلعب نخاع العظام الأحمر دورًا في ثلاثة أجهزة مختلفة بالجسم على النحو التالي:

- الجهاز الهيكلي: وذلك بسبب وجوده داخل العظام المسطحة وفي رءوس العظام الطويلة المسئولة عن تدعيم الجسم.
- الجهاز الدوري: وذلك بسبب إنتاجه للعديد من مكونات الدم، مثل:
  - خلايا الدم الحمراء المسئولة عن تبادل الغازات بين الرئتين وأنسجة الجسم المختلفة.
  - خلايا الدم البيضاء المسئولة عن الدفاع عن الجسم ضد الكائنات الممرضة (وظيفة مناعية).
  - الصفائح الدموية المسئولة عن تجلط الدم لوقف النزيف.
- الجهاز الليمفاوي: وذلك بسبب إنتاجه للخلايا الليمفاوية (البائية والتائية والقاتلة الطبيعية) وخلايا الدم البيضاء الأخرى بالإضافة لكونه مكانًا لنضج كل من الخلايا الليمفاوية البائية والقاتلة الطبيعية.

نخاع العظام
خلايا الدم الحمراء
خلايا الدم البيضاء
خلية ليمفاوية
خلية وحيدة النواة
تتحول إلى
خلية بلعمية كبيرة
خلية متعادلة
خلية قاعدية
خلية حامضية
الصفائح دموية

## للاطلاع فقط

• قد ينتج عن التعرض للإشعاع لفترات طويلة أو تناول بعض المضادات الحيوية تدمير نخاع العظام وهو ما يصاحبه نقص حاد في جميع خلايا الدم المختلفة، مثل:

• خلايا الدم الحمراء مما يؤدي إلي الإصابة بمرض فقر الدم (الأنيميا).
• خلايا الدم البيضاء مما يؤدي إلي زيادة فرص العدوى والإصابة بالكائنات الممرضة.
• الصفائح الدموية مما يؤدي إلي سيولة في الدم.

| نخاع العظام الأحمر | نخاع العظام الأصفر |
|---|---|
| - أكثر نشاطا في إنتاجه لخلايا الدم المختلفة. | - غير نشط نسبيًا ولا ينتج خلايا الدم. |
| - يوجد في معظم العظام في الأطفال. | |
| - يوجد في العظام القصيرة والمفلطحة وغير المنتظمة ورءوس العظام الطويلة في البالغين. | - يوجد في جسم العظام الطويلة فقط في البالغين. |
| - يحتوي على كمية محدودة جدًا من الدهون. | - يحتوي على كمية كبيرة جدًا من الدهون والتي تكسبه اللون الأصفر. |

## ٢ الغــدة التيموسيــة Thymus gland marrow

✪ **نوعها:** عضو ليمفاوي أولي، وغدة صماء.

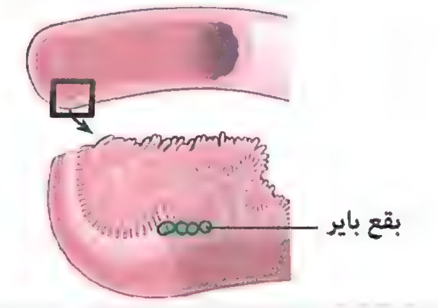
✪ **مكان وجودها:** تقع على القصبة الهوائية أعلى القلب وخلف عظمة القص.

✪ **حجمها:** يختلف حجمها حسب العمر، حيث يقل حجمها تدريجيًا مع التقدم في العمر حتى تضمر عند البالغين.

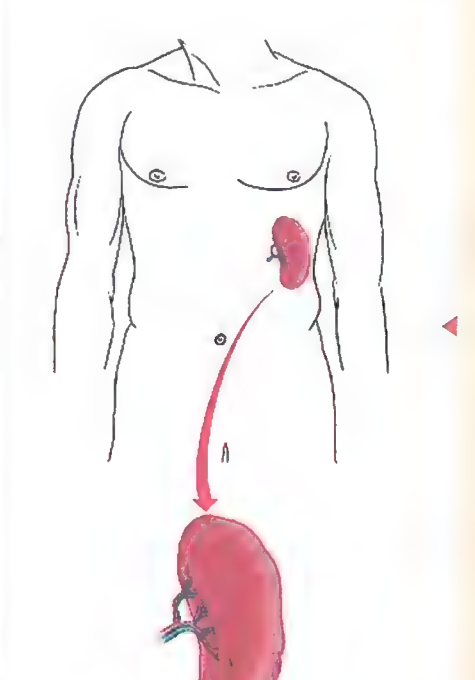
✪ **وظيفتها:** إفراز هرمون التيموسين الذي يحفز نضج الخلايا الليمفاوية الجذعية إلى الخلايا التائية (T)، وتمايزها إلى أنواعها المختلفة (المساعدة – السامة «القاتلة» – المثبطة «الكابحة») داخل الغدة التيموسية.

### ملحوظات

• يزداد نشاط الغدة التيموسية في الأطفال عقب الإصابة بالسرطان أو الأمراض الفيروسية وذلك لتزيد من عدد ونشاط الخلايا الليمفاوية التائية لتقوم بمهاجمة الخلايا الغريبة عن الجسم.

| | ٣ اللوزتان Palatine Tonsils | ٤ بقع باير Peyer's patches |
|---|---|---|
| الشكل | عضو ليمفاوي ثانوي يتجمع في شكل غدتين ليمفاويتين. | عضو ليمفاوي ثانوي عبارة عن عقد صغيرة من الخلايا الليمفاوية تتجمع على شكل لطع أو بقع. |
| مكان الوجود | تقعان على جانبي الجزء الخلفي من الفم. | تنتشر في الغشاء المخاطي المبطن للجزء السفلي من الأمعاء الدقيقة. |
| الشكل التوضيحي | اللوزتان |  |

| | | |
|---|---|---|
| الوظيفة | التقاط أي ميكروب أو جسم غريب يدخل مع الطعام أو الهواء ومنع دخوله للجسم وبالتالي حمايته من الإصابة بالأمراض . | وظيفتها الكاملة غير معروفة ولكنها تلعب دورًا في الاستجابة المناعية ضد الكائنات الحية الدقيقة التي تدخل الأمعاء مع الطعام الملوث وتسبب الأمراض. |
| الجهاز المسئولة عن حمايته | الجهاز الهضمي والجهاز التنفسي. | الجهاز الهضمي فقط. |

| | ⑤ الطحال Spleen | ⑥ العقد الليمفاوية Lymph nodes |
|---|---|---|
| النوع | عضو ليمفاوي ثانوي. | عضو ليمفاوي ثانوي. |
| العدد | واحد فقط. | عددها كبير جدًا. |
| الحجم | • لا يزيد حجمه عن قبضة اليد.<br>• أكبر الأعضاء الليمفاوية حجمًا. | • يتراوح حجمها بين رأس الدبوس وبذرة الفول الصغيرة.<br>• أصغر الأعضاء الليمفاوية حجمًا. |
| مكان الوجود | يقع في الجانب العلوي الأيسر من تجويف البطن. | توجد على طول شبكة الأوعية الليمفاوية الموجودة في جميع أجزاء الجسم، مثل:<br>– تحت الإبطين.<br>– على جانبي العنق.<br>– أعلى الفخذ.<br>– بالقرب من أعضاء الجسم الداخلية. |
| التوضيح بالرسم |  | العقد والأوعية الليمفاوية<br>شريان ووريد<br>وعاء ليمفاوي صادر<br>جيوب ممتلئة بالخلايا الليمفاوية<br>المحفظة<br>وعاء ليمفاوي وارد<br>تشريح العقد الليمفاوية |
| اللون | أحمر قاتم. | – |

| | | |
|---|---|---|
| الوظيفة المناعية | ١ يحتوي على جيوب مليئة بالخلايا البلعمية الكبيرة والخلايا الليمفاوية.<br>٢ يتصل به أوعية ليمفاوية صادرة فقط ولا يتصل به أوعية ليمفاوية واردة. | ١ تنقسم من الداخل إلي جيوب تمتلئ بـ:<br>• الخلايا الليمفاوية البائية (B)).<br>• الخلايا الليمفاوية التائية (T).<br>• الخلايا البلعمية الكبيرة وبعض أنواع خلايا الدم البيضاء الأخرى التي تخلص الليمف مما به من جراثيم وميكروبات وحطام الخلايا.<br>٢ تتصل بها أوعية ليمفاوية صادرة وأوعية ليمفاوية واردة تعمل الأخيرة على نقل الليمف من الخلايا والأنسجة المختلفة إلى العقد الليمفاوية لترشحه وتخلصه مما يعلق به من جراثيم وميكروبات وحطام الخلايا. |
| التركيب | يلعب دورًا هامًا في مناعة الجسم لاحتوائه على الكثير من:<br>١ الخلايا البلعمية الكبيرة: نوع من خلايا الدم البيضاء مسئولة عن:<br>• التقاط الميكروبات أو الأجسام الغريبة أو الخلايا الجسدية الهرمة (المسنة) ككريات الدم الحمراء المسنة وتفتتها إلي مكوناتها الأولية ليتخلص منها الجسم.<br>• حمل المعلومات عن الميكروبات والأجسام الغريبة لتقدمها للخلايا المناعية المتخصصة.<br>٢ الخلايا الليمفاوية: نوع آخر من خلايا الدم البيضاء. | ١ تنقي الليمف مما يعلق به من جراثيم وميكروبات وحطام الخلايا.<br>٢ تختزن خلايا الدم البيضاء (الخلايا الليمفاوية) التي تساعد في محاربة أي أمراض أو عدوى. |

### ملحوظات

- ينتج عن تكسير كريات الدم الحمراء كمية محدودة من الحديد يتم نقلها بواسطة جزيئات بروتينية من الطحال إلي نخاع العظام الأحمر لتدخل في تصنيع كريات دم حمراء جديدة تحل محل المفتتة.
- قد ينتج عن بعض الأمراض تضخم مزمن في الطحال وبالتالي يزداد معدل تكسيره لخلايا الدم الحمراء بسبب وجود الخلايا البلعمية الكبيرة مما يؤدي للإصابة بمرض فقر الدم (الأنيميا) والذي يصاحبه نقص شديد في عدد كريات الدم الحمراء.
- العقد الليمفاوية مسئولة عن تنقية الليمف مما يعلق به من ميكروبات وجراثيم بينما الطحال مسئول عن تنقية الدم من حطام الخلايا والكائنات الممرضة.
- عدد الأوعية الليمفاوية الواردة للعقدة الليمفاوية أكبر من عدد الأوعية الليمفاوية الصادرة عنها؛ لضمان جودة التنقية.
- تورم العقد الليمفاوية وانتفاخها قد يدل على وجود التهابات نتيجة عدوى ميكروبية أو أورام سرطانية في الأنسجة القريبة منها لذا يمكن الاعتماد عليها في تشخيص بعض الأمراض.

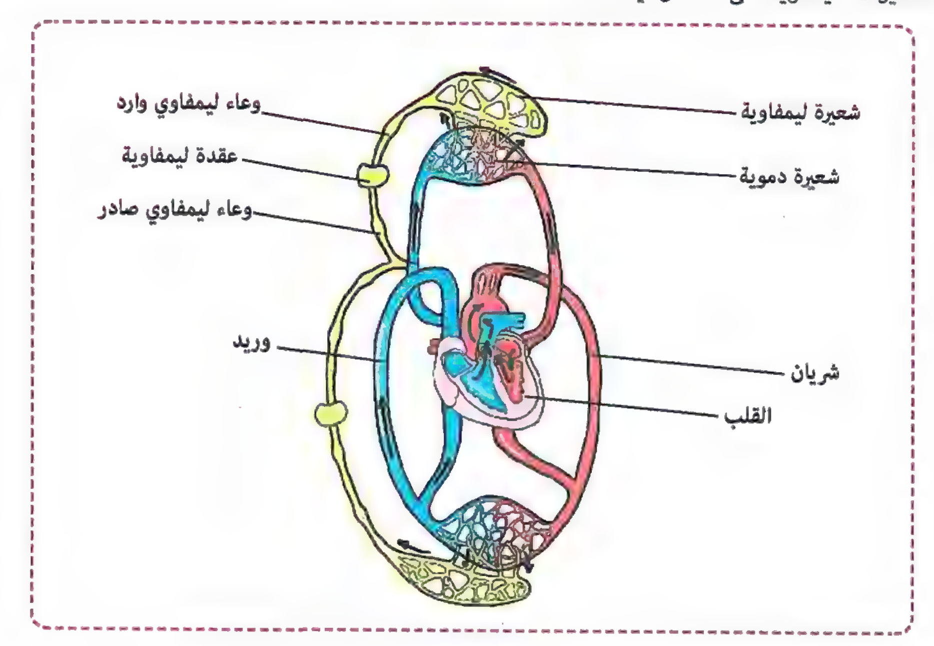
## للاطلاع فقط

◆ الليمف Lymph

• المفهوم : ســـائل شـــفاف يميل لونه للأصفر يتكون من بقايا رشيح البلازما عند الأنســـجة ويمر في الأوعية الليمفاوية حتى يصل للقلب

• تركيبه: يتكون مـــن بلازما وصفائح دموية وخلايا دم بيضاء وبعض البروتينات والأحمـــاض الدهنية ولا يحتوي على خلايا دم حمراء.

• آليـــة تكوينـــه: يتكون من بقايا النســـيج بين الخلـــوي الناتج من ترشـــيح البلازما عند الشـــعيرات الدموية بفعل ارتفـــاع ضغط الدم عنـــد النهاية الشـــريانية مقارنة بالنهايـــة الوريدية للشـــعيرات الدموية حيث يعـــود معظمه إلي النهايـــة الوريدية والكميـــة المتبقية تدخل الشـــعيرات الليمفاوية على شـــكل ليمف.

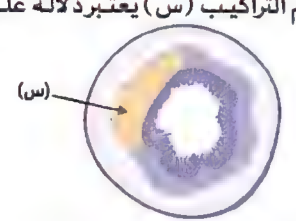



◆ أهميته:

- منع تراكم السوائل بين الخلايا وبعضها.
- نقل المواد المهضومة كبيرة الحجم كالأحماض الدهنية للدورة الدموية.
- نقل المواد الغريبة كالبكتيريا من النسيج الخلالي للعقد الليمفاوية (المصافي) لتدميرها والقضاء عليها.

## أسئلة الأداء الذاتي:

**1 ما الذي يعبر عنه (س) في الشكل المقابل ؟**



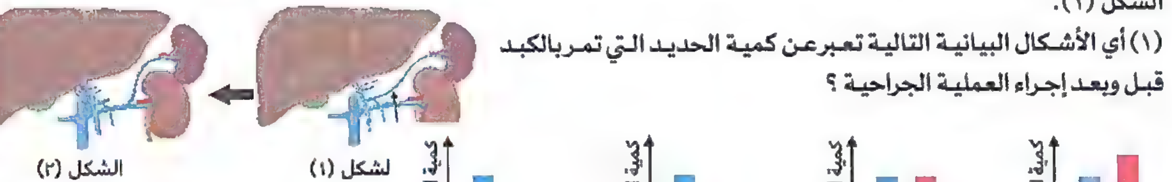

Ⓐ وجود خلايا تائية ناضجة
Ⓑ معدل استهلاك الحديد
Ⓒ الحجم
Ⓓ اللون

**2 الشكل المقابل يوضح قطاع عرضي في الجزء السفلي من الأمعاء الدقيقة، زيادة عدد وحجم التراكيب (س) يعتبر دلالة على .........**

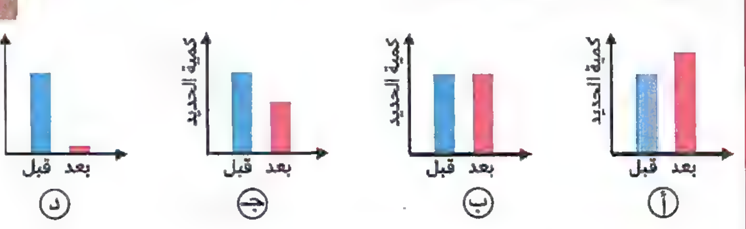
(س)

Ⓐ زيادة معدل امتصاص المواد الغذائية عن المعدل الطبيعي
Ⓑ زيادة معدل إفراز هرموني السيكرتين والكوليسيستوكينين
Ⓒ زيادة معدل تناول الوجبات السريعة الملوثة
Ⓓ نقص معدل امتصاص المواد الغذائية عن المعدل الطبيعي

٣ قام أحد الأشخاص بالعملية الجراحية الموضحة بالشكل المقابل حيث تم خلالها تغيير مسار الوريد المشار إليه بالسهم في الشكل (١).



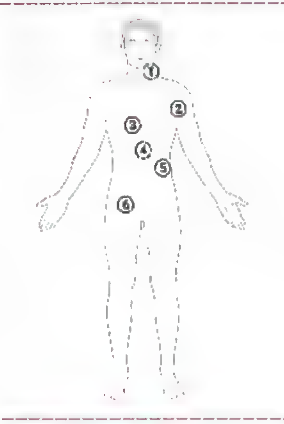

(١) أي الأشكال البيانية التالية تعبر عن كمية الحديد التي تمر بالكبد قبل وبعد إجراء العملية الجراحية ؟




(٢) أي التغيرات التالية قد يعاني منها المريض بعد إجرائه لهذه لعملية ؟

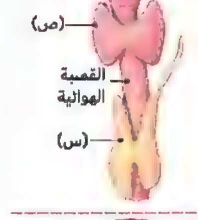
Ⓐ زيادة معدل تكسير كريات الدم الحمراء
Ⓑ تضخم الطحال وتراكم السوائل داخله
Ⓒ زيادة نسبة $CO_2$ في الوريد البابي الكبدي
Ⓓ نقص قيمة الأس الهيدروجيني في الوريد الكلوي

٤ أي المواضع التالية يوجد بها عدد أقل من مصاف الليمف مقارنة بباقي أجزاء الجسم ؟



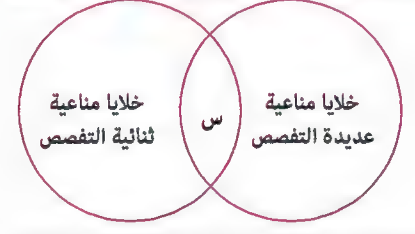
Ⓐ (١) و(٤)
Ⓑ (٣) و(٥)
Ⓒ (٣) و(٢)
Ⓓ (٦) و(٤)

٥ من خلال دراستك للشكل المقابل، ما وجه الاختلاف بين (س)، (ص) ؟



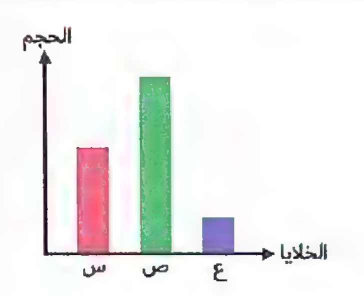

Ⓐ (س) غدة مشتركة، (ص) غدة صماء
Ⓑ (ص) يقل حجمها بمرور الزمن، (س) يزداد حجمها بمرور الزمن
Ⓒ (ص) غنية بالأوعية الدموية، (س) فقيرة بالأوعية الدموية
Ⓓ (ص) تفرز هرمونًا يؤثر في (س)، (س) تفرز هرمونًا لا يؤثر في (ص)

٦ ما الذي يعبر عنه الرمز (س) في المخطط المقابل ؟




Ⓐ نسبة وجودها في الدم أثناء التهاب المفاصل
Ⓑ لون حبيبات السيتوبلازم تحت الميكروسكوب
Ⓒ عدد جزيئات DNA في النواة
Ⓓ النسبة بين حجم السيتوبلازم وحجم النواة

٧ ادرس المخطط المقابل الذي يعبر عن حجم خلايا الدم البيضاء غير المحببة ثم أجب :




أي العبارات التالية تنطبق بشكل صحيح على هذه الخلايا ؟

Ⓐ (ع) تتكون وتنضج في نخاع العظام الأحمر
Ⓑ (ع) تتحول إلى (ص) عند أماكن الأنسجة الملتهبة
Ⓒ (س) توجد في الدم والأنسجة الضامة
Ⓓ (ص) لها أقدام كاذبة تساعدها على القيام بعملية البلعمة

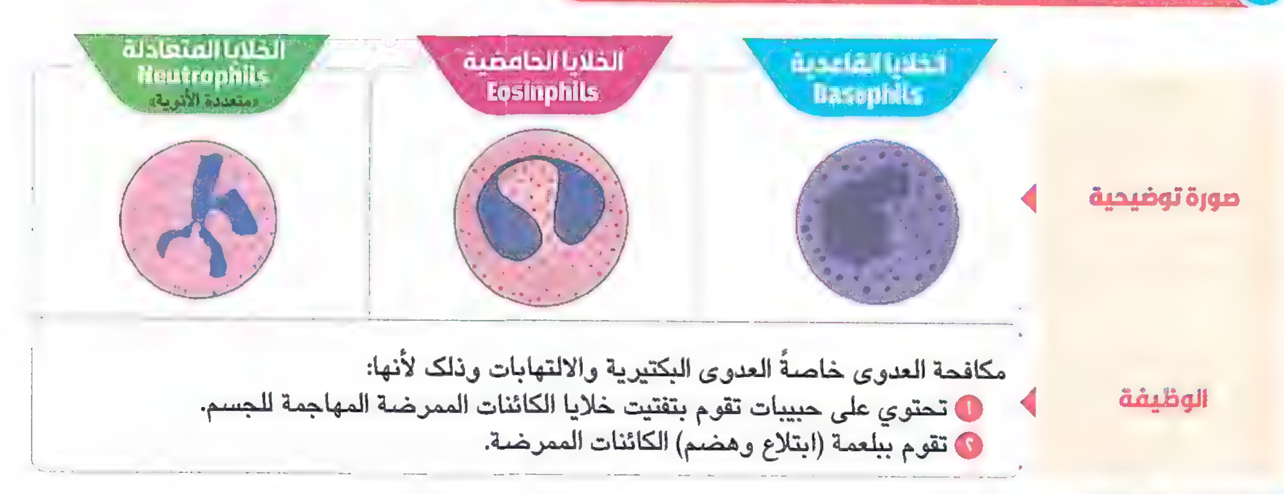
## ثانيًا خلايا الدم البيضاء White Blood Cell

✪ الأساس العلمي الذي تصنف عليه خلايا الدم البيضاء:

وجود نوع خاص من الحبيبات تحتوي على مواد كيميائية تختلف في قابليتها للصبغة الحامضية والقاعدية والمتعادلة.

- خلايا الدم البيضاء
  - محببة
    - قاعدية (في الدم) ← تماثلها وظيفيًا ← الخلية الصارية (في الأنسجة)
    - حامضية
    - متعادلة (متعددة الأنوية)
  - غير محببة
    - وحيدة النواة ← تتحول إلي ← بلعمية كبيرة (دوارة – ثابتة)
    - ليمفاوية
      - بائية B
      - تائية T
        - المساعدة TH
        - السامة TC
        - المثبطة TH
      - قاتلة طبيعية NK

### ① خلايا الدم البيضاء المحببة Granulocytes



| | الخلايا القاعدية Basophils | الخلايا الحامضية Eosinphils | الخلايا المتعادلة Neutrophils (متعددة الأنوية) |
|---|---|---|---|
| صورة توضيحية | | | |
| الوظيفة | مكافحة العدوى خاصةً العدوى البكتيرية والالتهابات وذلك لأنها:<br>① تحتوي على حبيبات تقوم بتفتيت خلايا الكائنات المرضة المهاجمة للجسم.<br>② تقوم ببلعمة (ابتلاع وهضم) الكائنات المرضة. | | |

### ملحوظات

- يمكن التمييز بين خلايا الدم البيضاء الحامضية والقاعدية والمتعادلة عن طريق:
  - حجم الخلايا. – شكل النواة داخل الخلايا. – لون الحبيبات الظاهرة بداخلها تحت المجهر.
- تبقى خلايا الدم البيضاء الحامضية والقاعدية والمتعادلة فترة قصيرة نسبيًا تتراوح بين عدة ساعات إلي عدة أيام في الدورة الدموية.






## للاطلاع فقط

◆ عملية البلعمة.

• المفهـــوم: عمليـــة حيوية تقـــوم بها خلايا خاصــــة (ملتهمة) يتم فيها التعرف على الجســـم الغريـــب كالبكتيريا ثـــم ابتلاعه وهضمه إلي مكوناته الأساســـية حتى يســـهل على الجســـم التخلـــص منه لحماية الجســـم من غزو الكائنـــات الممرضة.

• الخلايــــا التي لها القـــدرة على القيام بعمليـــة البلعمة تتمثل فـــي : (الخلايا البلعمية الكبيــرة - الخلايا المتعادلـــة - الخلايا القاعدية - الخلايا الحامضية - الخلايـــا الليمفاوية البائية) .

• تتميز هذه الخلايا باحتوائها علي عدد كبير من الليسوسومات (عضيات داخل الخلية تحتوي على إنزيمات محللة)

• الخطوات:

١- **مرحلـــة التعـــرف والتلامس:** يحـــدث تجاذب بين الخليـــة البلعمية ومكان الجســـم الغريب (ميكروب أو مـــادة ســـامة) عـــن طريـــق مـــواد كيميائية مســـاعدة ثم يتعرف عليه بصورة مباشـــرة أو بمســـاعدة الأجســـام المضادة والمتممات.

٢- **مرحلـــة الإحاطة:** ترســـل الخلايـــا البلعمية عددا من الأقـــدام الكاذبة حول الجســـم الغريب، فتلتحم بـــه وتحبســـه بينها مُكونـــة ما يعـــرف بالفجوة الهاضمة.

٣- **مرحلـــة الابتلاع:** تبتلع الخلية البلعمية الجسم الغريب، وتحيط به تمهيدًا للانتقال للمرحلة التالية.

٤- **مرحلـــة الهضم:** تفـــرز الخلية البلعميـــة إنزيمات هاضمـــة (إنزيمات محللة) ليتحلل الجســـم الغريب داخل الفجـــوة الهاضمة.



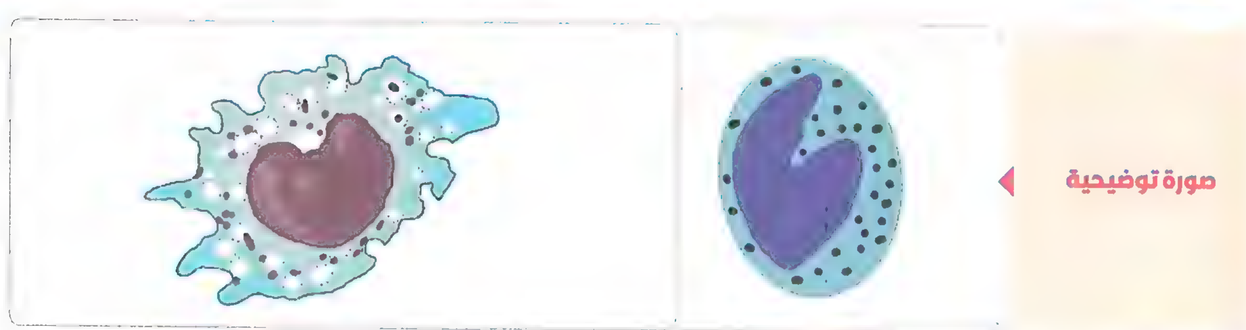

## ب خلايا الدم البيضاء غير المحببة Agranulocytes

✪ تشمل: ١- الخلايا وحيدة النواة

٢- الخلايا البلعمية الكبيرة. ٣- الخلايا الليمفاوية.

الخلايا البلعمية الكبيرة Macrophages (وتشمل نوعين أساسيين)

| | الخلايا وحيدة النواة Monocytes | الثابتة (الساكنة) | الدوارة (الجوالة=المتحركة) |
|---|---|---|---|
| مكان الوجود | توجد في الدم. | تتواجد في معظم أنسجة الجسم. | ليس لها مكان ثابت حيث تدور في جميع أجزاء الجسم المختلفة. |
| الوظيفة | ① تدميـــر الأجســـام الغريبـــة. ② تتحـــول إلـي خلايا بلعميـــة عنـــد الحاجـــة، والتـــي تلتهـــم بدورهـــا الكائنـــات الغريبـــة عـــن الجســـم. | تتأهب لالتهام أي جسم غريب يتواجـــد بالقرب منها عن طريـــق القيام بعملية البلعمة. | ① القيام بعملية البلعمة. ② حمـــل المعلومات التـــي تم جمعها عـــن الميكروبـــات والأجســـام الغريبة وتقدمهـــا للخلايا المناعية المتخصصـــة الموجـــودة فـــي العقـــد الليمفاوية المنتشـــرة في جميـــع أجـــزاء الجســـم لتقوم بتجهيز جميع الوســـائل الدفاعية المناسبة مثل الأجســـام المضادة وتخصيـــص نوع الخلايـــا القاتلة التي تتعامـــل مـــع الميكروبات. |

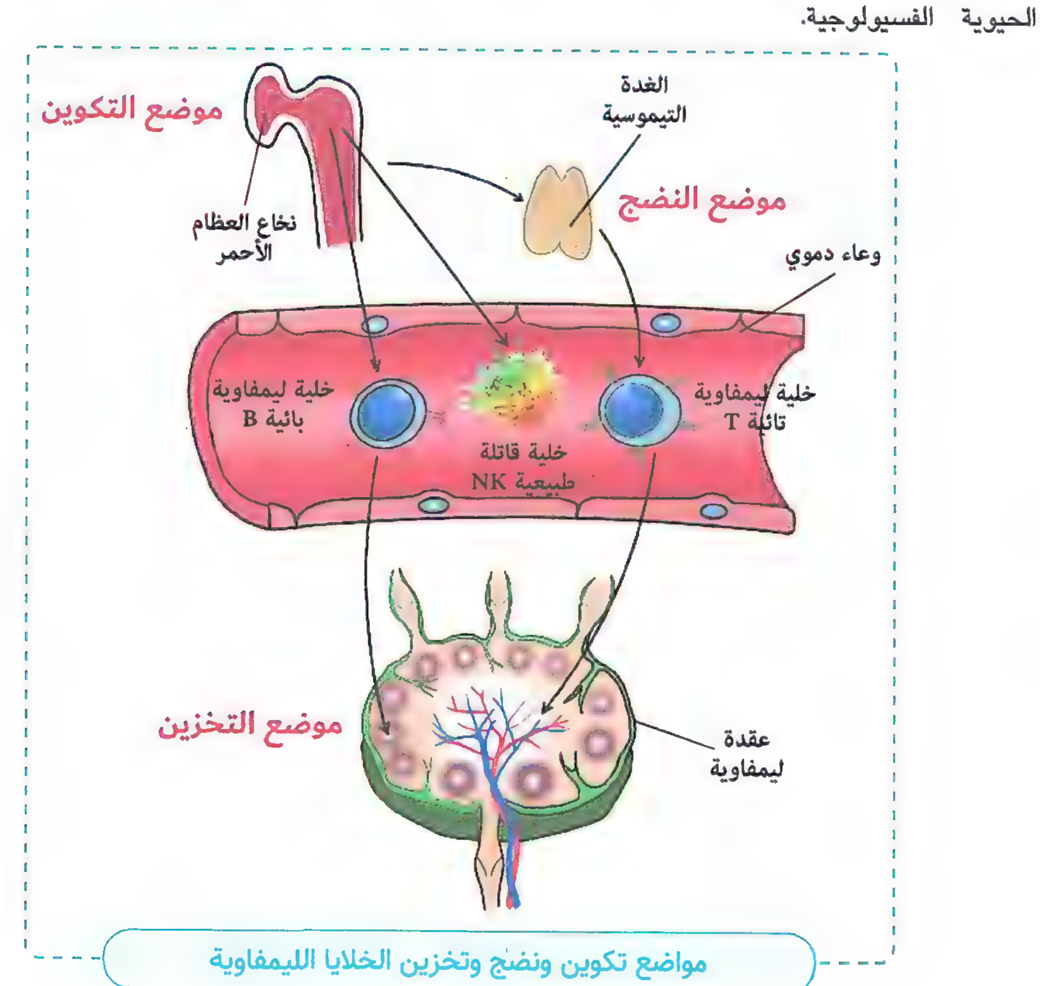


صورة توضيحية

## الخلايا الليمفاوية Lymphocytes

- **الوصف:** نوع من خلايا الدم البيضاء غير المحببة.
- **النسبة:** حوالي ٢٠ : ٣٠٪ من خلايا الدم البيضاء بالدم.
- **مكان التكوين:** تتكون جميع الخلايا الليمفاوية في نخاع العظام الأحمر.
- **القدرة المناعية:**
  1. في بداية تكوينها: لا يكون لها أي قدرة مناعية.
  2. بعد نضجها وتمايزها: تتحول إلي خلايا ذات قدرة مناعية.
- **الوظيفة:**

– تـــدور في الدم باحثة عـــن أي ميكروب أو جســـم غريب فتشـــغل آلياتها الدفاعيـــة والمناعية للتخلص من شـــرور هـــذه الميكروبات الممرضـــة التي تحاول غزو الجســـم والتكاثر والانتشـــار فيه، وتخريب أنســـجته، وتعطيل وظائفه الحيوية الفسيولوجية.




مواضع تكوين ونضج وتخزين الخلايا الليمفاوية

✪ **الأنواع:** يوجد ثلاثة أنواع من الخلايا الليمفاوية في الدم كما يلي:

١- الخلايا البائية B-cells

٢- الخلايا التائية T-cells، تتمايز إلى ثلاثة أنواع، هي:

- الخلايا التائية المساعدة Helper T-cells (TH)
- الخلايا التائية السامة «القاتلة» Cytotoxic T-cells (Tc)
- الخلايا التائية المثبطة «الكابحة» Suppressor T-cells (TS)

٣- الخلايا القاتلة الطبيعية Natural killer cells (NK)

ويمكن المقارنة بينهم كالتالي:

| | الخلايا البائية B-cells | الخلايا التائية T-cells | الخلايا القاتلة الطبيعية NK |
|---|---|---|---|
| نسبتها | حوالي ١٠ : ١٥٪ من الخلايا الليمفاوية بالدم. | حوالي ٨٠٪ من الخلايا الليمفاوية بالدم. | حوالي ٥ : ١٠٪ من الخلايا الليمفاوية بالدم. |
| مكان التكوين | نخاع العظام الأحمر. | | |
| مكان النضج | نخاع العظام الأحمر. | الغدة التيموسية. | نخاع العظام الأحمر. |
| الوظيفة | • التعرف على أي ميكروبات أو مواد غريبة عن الجسم (بكتيريا - فيروسات).<br>• الالتصاق بها.<br>• إنتاج أجسام مضادة تقوم بتدميرها. | [illegible] (TH): - تنشط الأنواع الأخرى من الخلايا التائية وتحفزها للقيام باستجاباتها المناعية. - تحفيز الخلايا البائية لإنتاج الأجسام المضادة.<br>[illegible]: مهاجمة الخلايا الغريبة عن الجسم مثل الخلايا السرطانية والأعضاء المزروعة وخلايا الجسم المصابة بالفيروس.<br>[illegible]: - تنظيم درجة الاستجابة المناعية للحد المطلوب. - تثبيط أو كبح عمل الخلايا البائية B والتائية T بعد القضاء على الكائن الممرض. | • مهاجمة خلايا الجسم غير الطبيعية كالمصابة بالفيروس والخلايا السرطانية والقضاء عليها بواسطة الإنزيمات التي تفرزها. |

**ملحوظات**

- أكبر خلايا الدم البيضاء حجما هي الخلايا البلعمية، بينما أصغرها حجما هي الخلايا الليمفاوية.
- أنوية الخلايا الليمفاوية كبيرة الحجم نسبيًا وتشغل معظم حجم السيتوبلازم مقارنة بباقي خلايا الدم البيضاء الأخرى.



## تطبيقات




## أمثلة

**١** إذا كان متوسط خلايا الدم بيضاء في عينة دم يساوي ١٤٠٠٠ خلية، احسب.

١- أكبر وأقل عدد من الخلايا الليمفاوية في هذه العينة.

٢- متوسط عدد الخلايا الليمفاوية في هذه العينة.

٣- أكبر وأقل عدد من الخلايا البائية في هذه العينة.

٤- متوسط عدد الخلايا البائية في هذه العينة.

٥- أكبر وأقل عدد من الخلايا القاتلة الطبيعية في هذه العينة.

٦- متوسط عدد الخلايا القاتلة الطبيعية في هذه العينة.

**الإجابة:**

- أكبر عدد من الخلايا الليمفاوية = $\frac{٣٠}{١٠٠}$ × ١٤٠٠٠ = ٤٢٠٠ خلية.

أقل عدد من الخلايا الليمفاوية = $\frac{٢٠}{١٠٠}$ × ١٤٠٠٠ = ٢٨٠٠ خلية.

٢- متوسط عدد الخلايا الليمفاوية = $(\frac{٣٠+٢٠}{٢})$ ÷ ١٠٠ × ١٤٠٠٠ = $\frac{٢٥}{١٠٠}$ × ١٤٠٠٠ = ٣٥٠٠ خلية.

٣- أكبر عدد من الخلايا البائية = $\frac{١٥}{١٠٠}$ × ٤٢٠٠ = ٦٣٠ خلية.

أقل عدد من الخلايا البائية = $\frac{١٠}{١٠٠}$ × ٢٨٠٠ = ٢٨٠ خلية.

٤- متوسط عدد الخلايا البائية = $\frac{٢٨٠ + ٦٣٠}{٢}$ = ٤٥٦ خلية تقريبًا.

٥- أكبر عدد من الخلايا القاتلة الطبيعية = $\frac{٥}{١٠٠}$ × ٤٢٠٠ = ٤٢٠ خلية.

أقل عدد من الخلايا القاتلة الطبيعية = $\frac{١٠}{١٠٠}$ × ٢٨٠٠ = ١٤٠ خلية.

٦- متوسط عدد الخلايا القاتلة الطبيعية = $\frac{١٤٠ + ٤٢٠}{٢}$ = ٢٨٠ خلية.

٧ إذا كان متوسط عدد الخلايا البائية في قطرة دم شخص حوالي ٤٠٠ خلية، فاحسب متوسط عدد الخلايا التائية في نفس القطرة.

الإجابة

متوسط نسبة عدد الخلايا البائية = $\frac{١٠ + ١٥}{٢}$ = ١٢,٥٪ من الخلايا الليمفاوية.

، نسبة عدد الخلايا التائية = ٨٠٪ من الخلايا الليمفاوية.

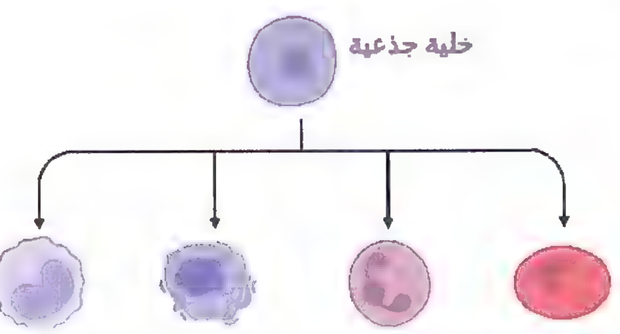
٤٠٠ خلية ⟵ ١٢,٥٪

س خلية ⟵ ٨٠٪

عدد الخلايا التائية في القطرة = $\frac{٤٠٠ \times ٨٠}{١٢,٥}$ = ٢٥٦٠ خلية.

## أسئلة الأداء الذاتي:

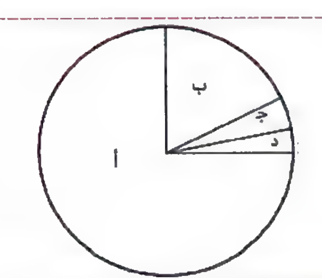
٨ ادرس الشكل المقابل جيدًا ثم أجب :




تحدث العملية الموضحة في الشكل في .......... عند البالغين.

(أ) الدم داخل الأوعية الدموية
(ب) نخاع العظام الأحمر في منتصف عظمة الفخذ
(ج) أكبر الأعضاء اللمفاوية حجمًا
(د) نخاع العظام الأحمر في رأس عظمة العضد

٩ المخطط المقابل يوضح متوسط نسب خلايا الدم البيضاء بدم الإنسان، نستنتج من دراسة المخطط المقابل أن ..........




(أ) (ب) تستجيب ضد الفيروسات، (ج) لا تستجيب ضد الفيروسات
(ب) (ب) تنضج في نخاع العظام الأحمر، (د) تنضج في الغدة التيموسية
(ج) (د) تعمل في المناعة غير النوعية، (ب) تحفز المناعة النوعية
(د) (أ) جميعها محببة السيتوبلازم، (ج) غير محببة السيتوبلازم

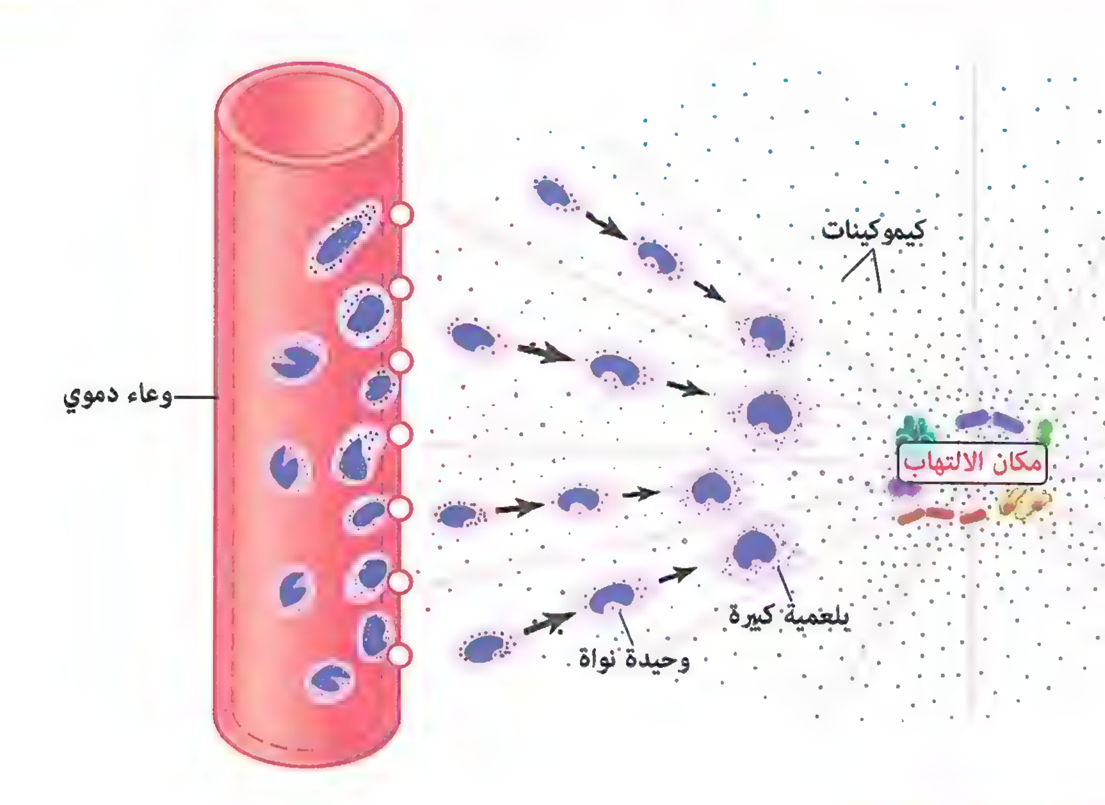
## ثالثًا المواد الكيميائية المساعدة Assistant chemicals

مواد تتعاون وتساعد الآليات المتخصصة للجهاز المناعي في عملها.

**الأنواع:**

### ١ الكيموكينات Chemokines

**الوظيفة:** تمثل عوامل جذب للخلايا المناعية البلعمية المتحركة مع الدم بأعداد كبيرة نحو موقع تواجد الميكروبات أو الأجسام الغريبة وذلك للحد من تكاثر وانتشار الميكروب المسبب للمرض.




## ٢ الإنترليوكينات Interleukins

**الوظيفة:**

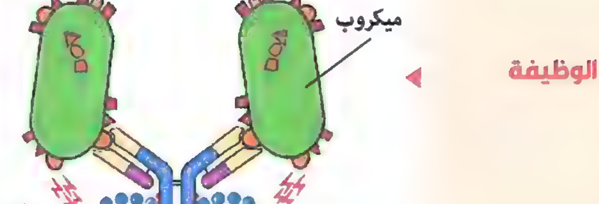
1. تعمل كأداة اتصال أو ربط بين خلايا الجهاز المناعي المختلفة.
2. تعمل كأداة اتصال أو ربط بين الجهاز المناعي وخلايا الجسم الأخرى.
3. مساعدة الجهاز المناعي في أداء وظيفته المناعية.




| | ٣ سلسلة المكملات (المتممات) Complements | ٤ الإنترفيرونات Interferons |
|---|---|---|
| التركيب الكيميائي | مجموعة متنوعة من البروتينات والإنزيمات. | عدة أنواع من البروتينات. |
| مكان التكوين | يتم تصنيعها في الكبد في صورة أولية غير نشطة. | تنتجها خلايا الأنسجة المصابة بالفيروسات. |
| مكان الاستجابة | تنتقل من الكبد للدم ومنها للأنسجة المختلفة حسب الحاجة. | تنتقل من الخلايا المصابة بالفيروس إلي الخلايا الحية المجاورة لها (التي لم تصب بالفيروس بعد). |

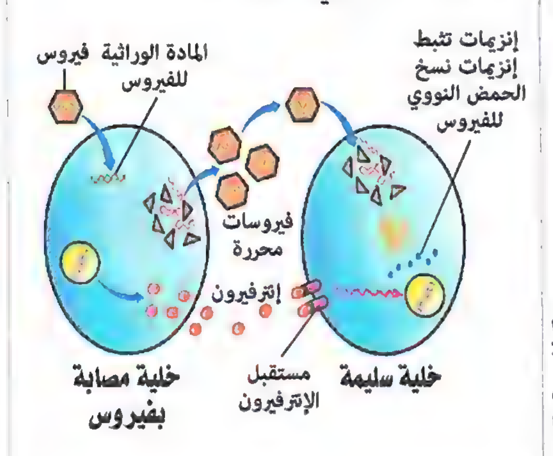
**الوظيفة**

① تدمير الميكروبات الموجودة بالدم، حيث ترتبط بالأجسام المضادة ثم تقوم بتحليل الأنتيجينات الموجودة على سطح الميكروبات وإذابة محتوياتها لجعلها في متناول خلايا الدم البيضاء لكي تلتهمها وتقضي عليها .




② تتفاعل -بعد تنشيطها- مع السموم التي تفرزها الكائنات الممرضة تفاعلاً متسلسلاً يؤدي إلى إبطال مفعولها والتهامها من خلال الخلايا ا لبلعمية .

منع الفيروس من التكاثر والانتشار في الجسم حيث ترتبط بالخلايا الحية المجاورة للخلايا المصابة (التي لم تصب بالفيروس) وتحثها على إنتاج نوع من الإنزيمات يعمل على تثبيط عمل إنزيمات نسخ الحمض النووي للفيروس خاصة الفيروسات التي محتواها الجيني RNA.




**درجة التخصص**

- معظمها غير متخصصة.
- غير متخصصة ضد فيروس معين.

## رابعاً الأجسام المضادة Antibodies

مواد بروتينية تسمى بـ«الجلوبيولينات المناعية (Ig) Immunoglobulins» وتظهر على شكل حرف (Y) .

- **التركيب الكيميائي:** بروتين الجلوبيولين (بروتين تنظيمي).
- **مكان الوجود:** توجد بالدم والليمف في الحيوانات الفقارية والإنسان.
- **المصدر:** تنتج بواسطة الخلايا البائية البلازمية النشطة.
- **الوظيفة:**

**تنويه**

• الجلوبيولين يختلف عن الجلوبين الذي يدخل في تكوين الهيموجلوبين.

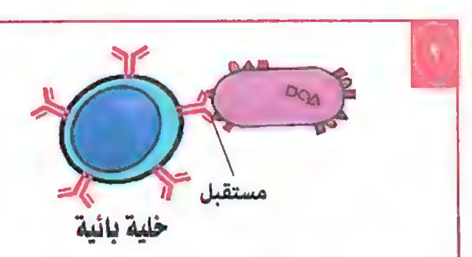
تضاد الأجسام الغريبة عن الجسم حيث تقوم الأجسام المضادة وجزيئات المتممات بالالتصاق بالأجسام الغريبة (كالبكتريا) لتجعلها في متناول خلايا الدم البيضاء لكي تلتهمها وتقضي عليها.

- **كيفية التكوين:**




① - يوجد على سطح الأجسام الغريبة (كالبكتيريا) التي تغزو أنسجة الجسم مركبات تسمى مولدات الضد أو المستضدات أو الأنتيجينات Anti-gens.






② - تقوم الخلايا المناعية البائية B بالتعرف على هذه الأجسام والمكونات الغريبة عن الجسم عن طريق ارتباط المستقبلات الموجودة على سطح الخلايا البائية B بالأنتيجينات الموجودة على سطح الميكروب.




- تتحول الخلايا البائية إلي خلايا بائية متخصصة تسمي الخلايا البائية البلازمية التي بدورها تقوم بإنتاج الأجسام المضادة التي تدور مع مجرى الدم والليمف وهي مصممة لتضاد الأجسام الغريبة عن الجسم.

**ملحوظات**

• عندما تصادف الخلايا الليمفاوية البائية B الأنتيجينات لأول مرة ... **ماذا يحدث؟**

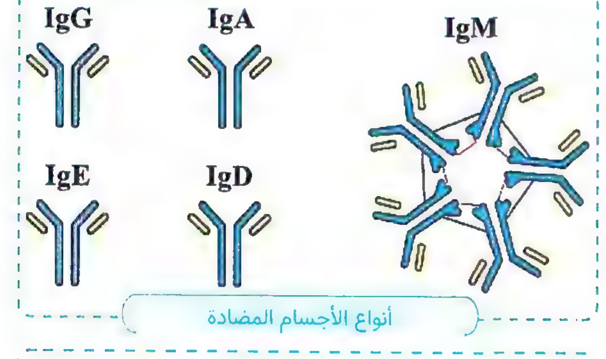
• تقوم بالانقسام المتكرر لتكوين عدة مجموعات تتخصص كل منها لإنتاج نوع واحد من الأجسام المضادة تتخصص لتضاد نوعًا واحدًا من الأنتيجينات التي توجد على سطح الكائنات الحية الدقيقة والجزيئات الأخرى الغريبة عن الجسم بحيث يكون لكل جسم مضاد أنتيجين معين يرتبط به.

• الخلايا البائية على درجة عالية من التخصص ... **علل؟**

• حيث إنه عندما تصادف الخلايا الليمفاوية البائية B الأنتيجينات لأول مرة تقوم بالانقسام المتكرر لتكوين عدة مجموعات تتخصص كل منها لإنتاج نوعًا واحدًا من الأجسام المضادة تتخصص لتضاد نوع واحد من الأنتيجينات التي توجد على سطح الكائنات الحية الدقيقة والجزيئات الأخرى الغريبة عن الجسم بحيث يكون لكل جسم مضاد أنتيجين معين يرتبط به.

**الأنواع:** خمسة أنواع هي:

- IgM
- IgA
- IgG
- IgE
- IgD



أنواع الأجسام المضادة

**الشكل والتركيب:**

يتركب الجسم المضاد من زوجين من السلاسل البروتينية:

- سلسلتان طويلتان، تسميان بالسلاسل الثقيلة.
- سلسلتان قصيرتان، تسميان بالسلاسل الخفيفة.

وترتبط السلاسل الطويلة (الثقيلة) معًا بواسطة رابطتين كبريتيديتين كل منهما رابطة ثنائية الكبريت (-s - s-)، بينما ترتبط كل سلسلة قصيرة (خفيفة) مع سلسلة طويلة (ثقيلة) بواسطة رابطة واحدة ثنائية الكبريت (- s - s -).

رابطة كبريتيدية ثنائية
موقع الارتباط بالأنتيجين
سلسلة خفيفة
منطقة مفصلية
موقع ارتباط المتمم
سلسلة ثقيلة
منطقة متغيرة
منطقة ثابتة

تركيب الجسم المضاد






تتكون السلاسل البروتينية من منطقتين:

1. منطقة متغيرة (الجزء المتغير) تمثل مواقع ارتباط الجسم المضاد بالأنتيجين:
- لكل جسم مضاد موقعان متماثلان للارتباط بالأنتيجين .
- يختلف شكل هذه المواقع من جسم لآخر؛ نظرًا لاختلاف تشكيل الأحماض الأمينية (تتابعها، وأنواعها، وشكلها الفراغي، عددها، ...) المكونة للسلسلة الببتيدية في هذا الجزء التركيبي والتي تحدد تخصص كل جسم مضاد لنوع واحد من الأنتيجينات.
- تساعد هذه المواقع على حدوث الارتباط المحدد بين الأنتيجين والجسم المضاد الملائم له بطريقة تشبه القفل والمفتاح وذلك لتطابق الجزء المتغير من الجسم المضاد مع الأنتيجين كصورة مرآة ويؤدي هذا الارتباط إلى تكوين مركب معقد من الأنتيجين والجسم المضاد.

2. منطقة ثابتة (الجزء الثابت): وهو ثابت في الشكل والتركيب في جميع أنواع الأجسام المضادة.

## ملحوظات

- الأجسام المضادة متخصصة ... فسر ؟
  - لأن لكل جسم مضاد موقعين متماثلين للارتباط بالأنتيجين ويختلف شكل هذه المواقع من جسم مضاد لآخر لاختلاف الأحماض الأمينية (من حيث عددها وأنواعها وترتيبها وشكلها الفراغي) المكونة للسلسلة الببتيدية في هذا الجزء التركيبي والتي تحدد تخصص كل جسم مضاد لنوع واحد من الأنتيجينات يرتبط بها.
  - لأن الخلايا الليمفاوية البائية عندما تصادف الأنتيجينات لأول مرة تقوم بالانقسام المتكرر لتكوين عدة مجموعات تتخصص كل منها لإنتاج نوع واحد من الأجسام المضادة تتخصص لتضاد نوعًا واحدًا من الأنتيجينات التي توجد على سطح الكائنات الحية الدقيقة والجزيئات الأخرى الغريبة عن الجسم بحيث يكون لكل جسم مضاد أنتيجين معين يرتبط به.
- أنواع الروابط الكيميائية الموجودة في الجسم المضاد:
  - روابط ببتيدية: تربط بين الأحماض الأمينية المكونة للسلاسل الببتيدية وبعضها البعض.
  - روابط هيدروجينية: مسئولة عن إكساب الأجسام المضادة الشكل الفراغي المميز لها.
  - روابط كبريتيدية ثنائية: تربط السلاسل الببتيدية ببعضها البعض.
  - روابط تساهمية: تربط الذرات الكيميائية ببعضها البعض.
- يختلف شكل وتركيب الجسم المضاد IgG عن الجسم المضاد IgM ويمكن المقارنة بينهما فيما يلي :

| | IgG | IgM |
|---|---|---|
| عدد السلاسل البروتينية القصيرة | زوج (سلسلتين) | ٥ أزواج (١٠ سلاسل). |
| عدد السلاسل البروتينية الطويلة | زوج (سلسلتين) | ٥ أزواج (١٠ سلاسل). |
| عدد الروابط الكبريتيدية الثنائية بين السلاسل البروتينية | ٤ روابط. | ٢٠ رابطة. |
| عدد مواقع الارتباط بالأنتيجين | ٢ موقع. | ١٠ مواقع. |
| عدد المناطق الثابتة | منطقة واحدة | ٥ مناطق |

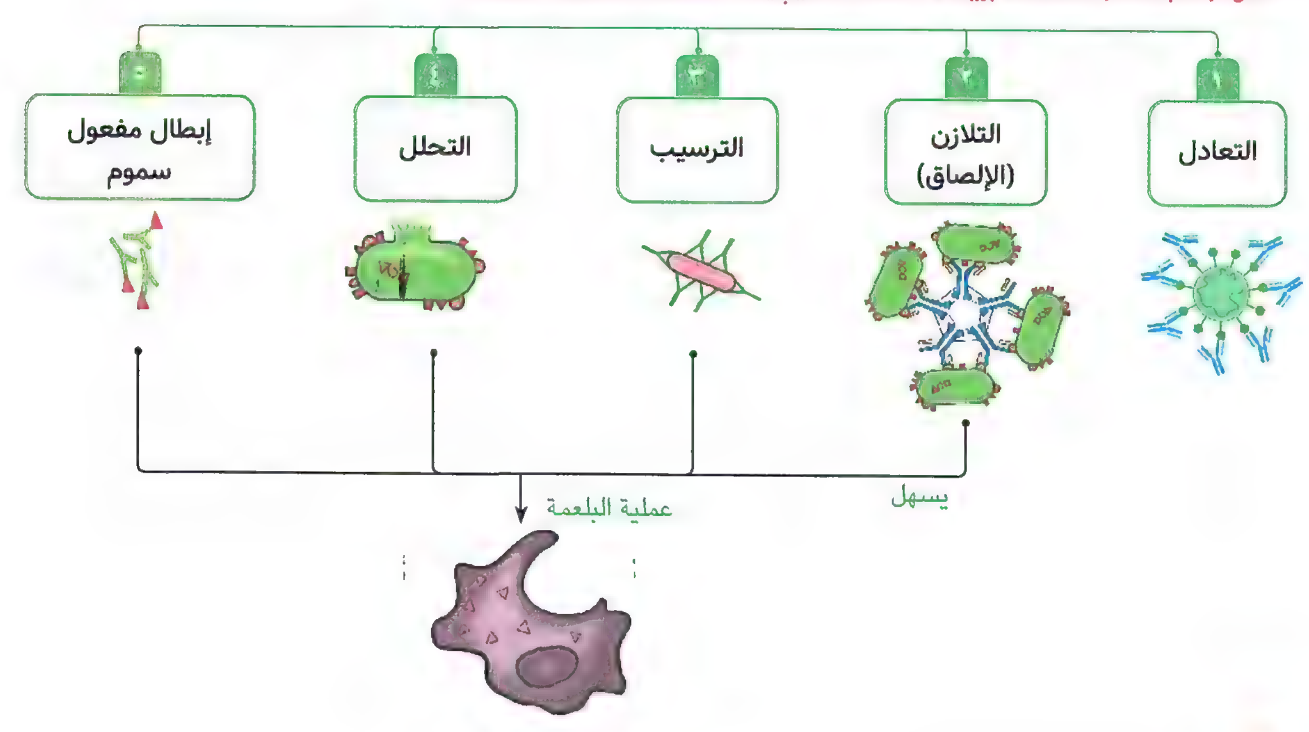
- المواقع الفعالة في الجسم المضاد:
  - موقعان للارتباط بالأنتيجين. ← يقعان ضمن المنطقة المتغيرة Fragment antigen binding (Fab)
  - موقع واحد للارتباط بالخلية البائية أو البلعمية الكبيرة.
    (يتضح ذلك في الشكل التوضيحي لكل من الخلية البائية وعملية الترسيب)
  - مواقع للارتباط بالمتممات.

  ← يقعان ضمن المنطقة الثابتة Fragment crystallizable (Fc)

## طـرق عمـل الأجسـام المضـادة

- الأجسـام المضـادة ثنائيـة الارتبـاط، بينمـا الأنتيجينـات لهـا مواقـع ارتبـاط متعـددة ممـا يجعـل الارتبـاط بيـن الأجسـام المضـادة والأنتيجينـات أمـرًا مؤكـدًا.

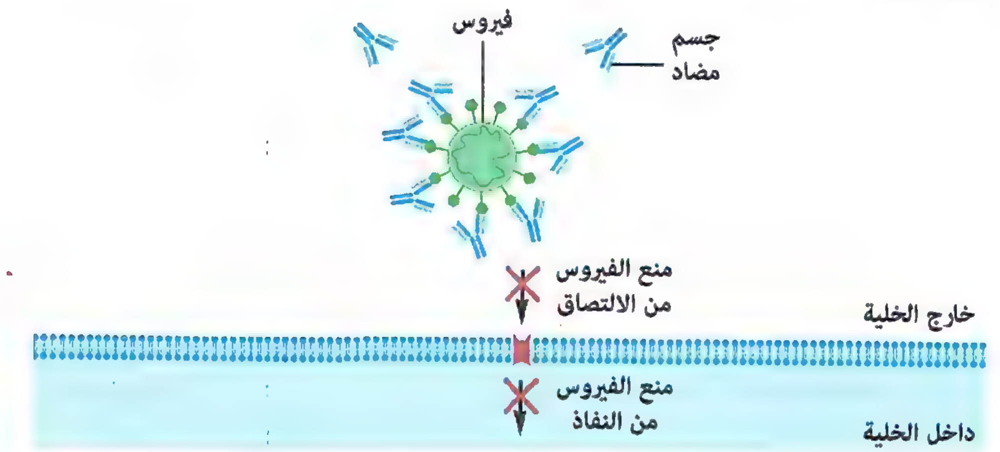
- تقوم الأجسام المضادة بإيقاف عمل الأنتيجينات بإحدى الطرق التالية:




### ١ التعادل Neutralization

✪ هـذه الطريقـة تعتبـر مـن أهـم وظائـف الأجسـام المضـادة فـي مقاومـة الفيروسـات بهـدف تحييـد الفيروسـات وإيقـاف نشـاطها وذلـك كالتالـي:

١ ارتبـاط الأجسـام المضـادة بالأغلفـة الخارجيـة للفيروسـات وبذلـك تمنعهـا مـن الالتصـاق بأغشـية الخلايـا والانتشـار أو النفـاذ إلـى داخلهـا.




٢ فـي حالـة اختـراق الفيروسـات لغشـاء الخليـة، فـإن الجسـم المضـاد يمنـع الحمـض النـووي (المـادة الوراثيـة) للفيروسـات مـن الخـروج مـن الخلايـا المصابـة ومـن التناسـخ وذلـك بإبقـاء غلافهـا مغلقـاً.

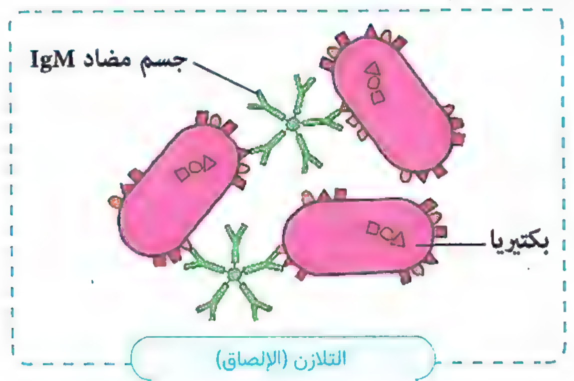






## ١ التلازن (الإلصاق) Agglutination

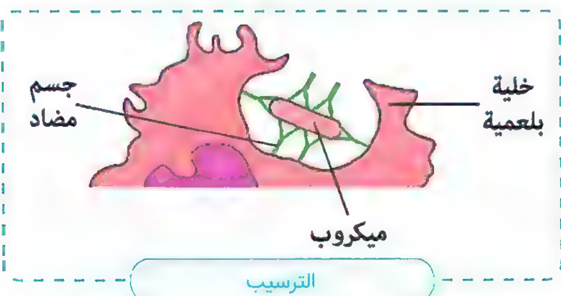
تحتوي بعض الأجسام المضادة، مثل: IgM على العديد من مواقع الارتباط مع الأنتيجينات مما يؤدي إلى ارتباط الجسم المضاد الواحد بأكثر من ميكروب، وبالتالي تتجمع الميكروبات على نفس الجسم المضاد مما يجعلها أكثر ضعفًا وعرضة للالتهام بالخلايا البلعمية.




التلازن (الإلصاق)

## ٢ الترسيب Precipitation

- يحدث عادةً في الأنتيجينات الذائبة حيث يؤدي ارتباط الأجسام المضادة مع هذه الأنتيجينات إلى تكوين مركبات غير ذائبة على شكل راسب من الأنتيجين والجسم المضاد، وبالتالي يسهل على الخلايا البلعمية التهام هذا الراسب (تحفيز عملية البلعمة).

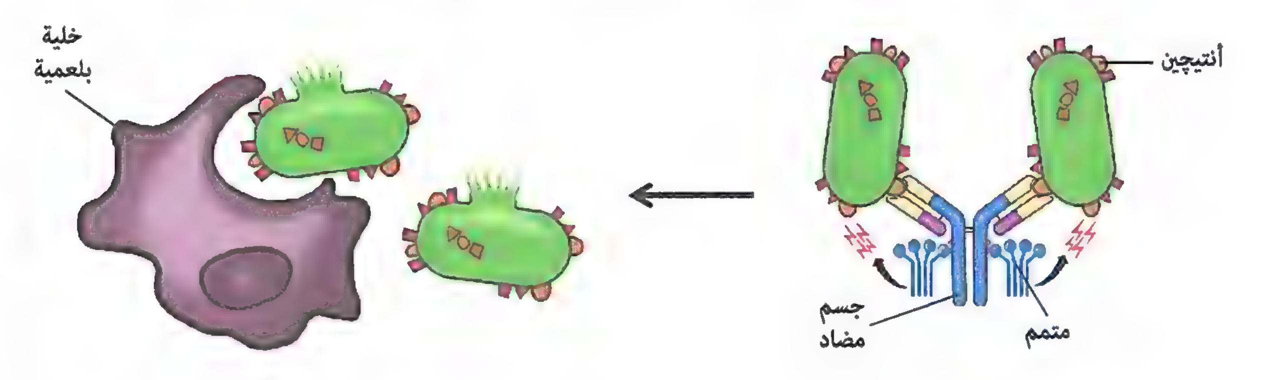



الترسيب

## ٣ التحلل Lysis

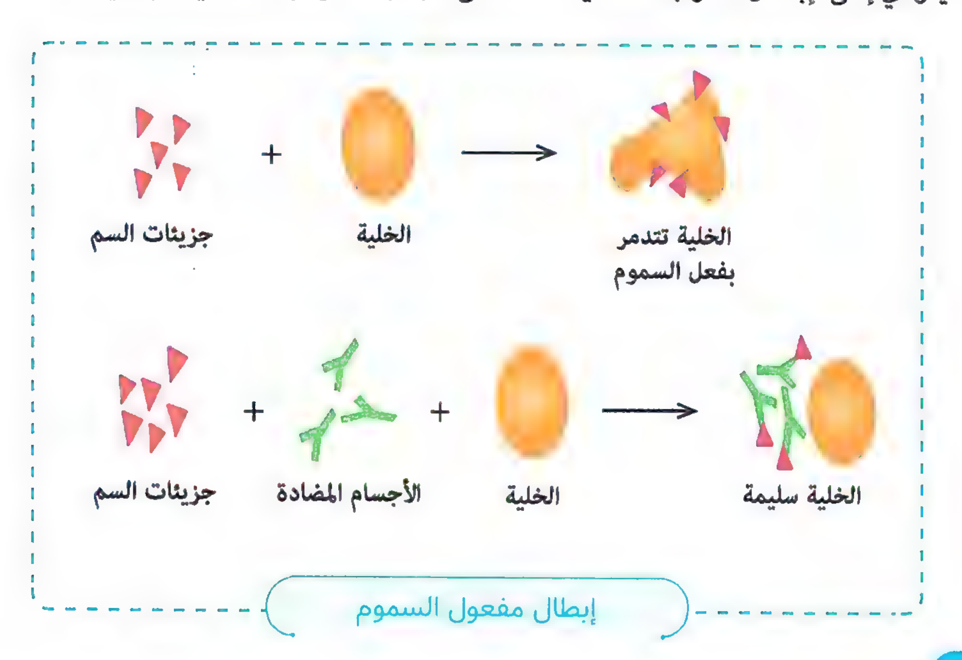
- يعمل اتحاد الأجسام المضادة مع الأنتيجينات على تنشيط بروتينات وإنزيمات خاصة تسمى «المتممات Complements».

- تقوم المتممات بتحليل أغلفة الأنتيجينات وإذابة محتوياتها فيسهل التخلص منها بواسطة الخلايا البلعمية.



## ٥ إبطال مفعول السموم Antitoxin

- تقوم الأجسام المضادة بالارتباط بالسموم مكونة مركبات من الأجسام المضادة والسموم.
- تقوم المركبات (المتكونة من ارتباط الأجسام المضادة بالسموم) بتنشيط المتممات فتتفاعل مع السموم تفاعلاً متسلسلاً يؤدي إلى إبطال مفعولها كما يساعد على التهامها من قبل الخلايا البلعمية.




إبطال مفعول السموم

### مقارنة

• التخلص من السموم في النبات والإنسان:

| التخلص من السموم في النبات | التخلص من السموم في الإنسان |
|---|---|
| - يفرز النبات بروتينات مضادة للكائنات الدقيقة تتفاعل مع السموم التي تفرزها الكائنات الممرضة وتحولها إلى مركبات غير سامة للنبات مثل إنزيمات نزع السمية. | - تنقسم الخلايا البائية B المنشطة وتتضاعف لتتمايز إلى خلايا بائية بلازمية تنتج الأجسام المضادة ترتبط بالسموم مكونة مركبات من الأجسام المضادة والسموم تقوم بتنشيط المتممات فتتفاعل مع السموم تفاعلاً متسلسلاً يؤدي إلى إبطال مفعولها ويساعد على التهامها من قبل الخلايا البلعمية. |

## تطبيق عملي

• فصائل الدم:

– يمكن تقسيم فصائل الدم إلى ٤ فصائل أساسية اعتمادًا على وجود أنتيجينات (مولدات الضد) خاصة بكل فصيلة بالإضافة إلى وجود أجسام مضادة مخصصة (من النوع IgM) تتفاعل مع هذه الأنتيجينات كما يظهر في الجدول التالي:

| | الفصيلة A | الفصيلة B | الفصيلة AB | الفصيلة O |
|---|---|---|---|---|
| شكل كريات الدم الحمراء | A | B | AB | O |
| الأنتيجينات | أنتيجين A | أنتيجين B | أنتيجين A وB | لا يوجد |
| الأجسام المضادة | anti – b | anti – a | لا تحتوي على أجسام مضادة | anti–a , anti–b |
| الفصيلة التي تعطي لها | A , AB | B , AB | AB | تعطي جميع الفصائل (معط عام) |
| الفصيلة التي تستقبل منها | A , O | B , O | تستقبل من جميع الفصائل (مستقبل عام) | O |

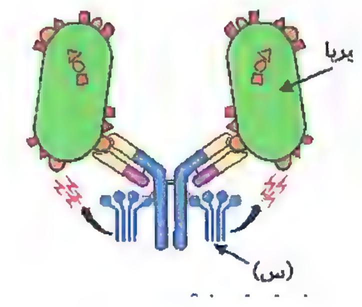
• عند نقل كمية كبيرة من الدم بين فصائل الدم المختلفة ترتبط الأجسام المضادة الموجودة في دم المستقبل بالأنتيجينات المخصصة لها والموجودة على سطح كريات الدم الحمراء في دم المتبرع مما يحفز عملية البلعمة (طريقة التلازن) وينتج عنها تكسير كريات الدم الحمراء وقد تؤدي للوفاة.

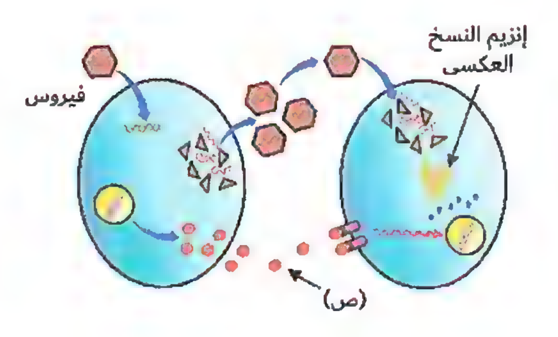
## أسئلة الأداء الذاتي:

**١٠ أي المواد التالية تحمي الجسم من سموم بكتيريا السلامونيلا الموجودة في الطعام الملوث ؟**

ⓐ إنزيمات نزع السمية ⓑ الإنترفيرونات ⓒ المكملات ⓓ السموم الليمفاوية

**١١ ادرس الشكلين التاليين ثم أجب :**



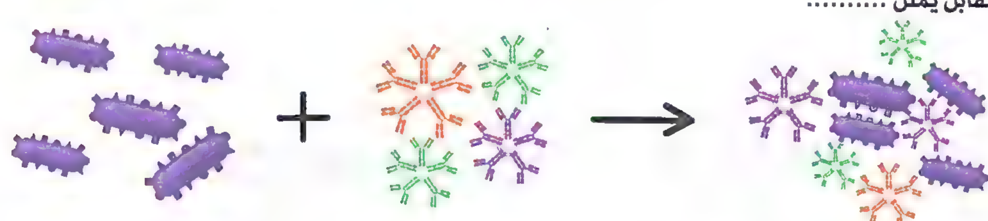




**ما وجه الشبه بين كل من (س)، (ص) ؟**

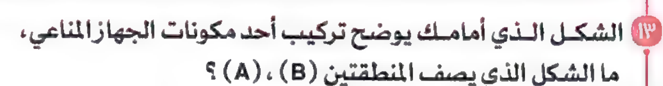
ⓐ بروتينات مناعية تفرز في صورة نشطة ⓑ ينتج عن عملها زيادة نشاط الريبوسومات
ⓒ بروتينات غير متخصصة ضد ميكروب معين ⓓ تفرز بواسطة جميع خلايا الدم البيضاء



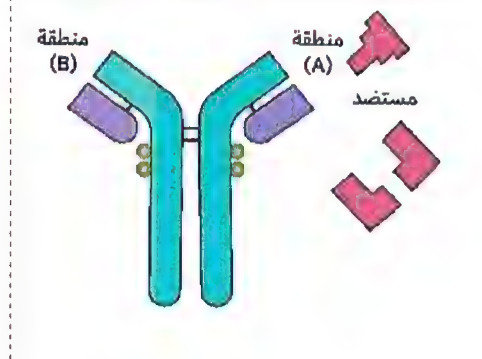
١٢ الشكل المقابل يمثل ..........

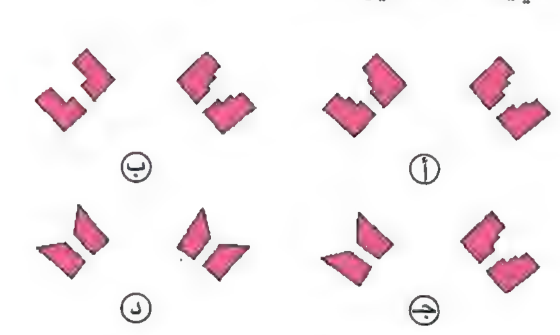


أ طريقة التعادل والأجسام المضادة الموضحة لها نفس تركيب مواقع الارتباط
ب طريقة التلازن والأجسام المضادة الموضحة لها نفس تركيب مواقع الارتباط
ج طريقة الترسيب والأجسام المضادة الموضحة بعضها يختلف في تركيب مواقع الارتباط
د طريقة التلازن والأجسام المضادة الموضحة لها نفس عدد السلاسل الثقيلة



١٣ الشكل الذي أمامك يوضح تركيب أحد مكونات الجهاز المناعي،
ما الشكل الذي يصف المنطقتين (B) ، (A) ؟



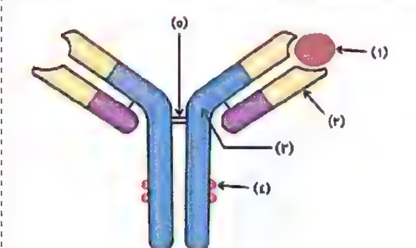




١٤ ادرس الرسم الذي يوضح تركيب أحد الاجسام المضادة ثم استنتج ما الآليات التي لا يمكن لهذا الجسم المضاد القيام بها ؟



أ التلازن والتعادل
ب التعادل والترسيب
ج التحلل وإبطال مفعول السموم
د التلازن والترسيب

١٥ ادرس الشكل الذي أمامك، ثم حدد أي المواقع الأتية يساعد في كسر الروابط البتيدية في اغلفة المركب (١) ؟




أ (٤) فقط
ب (٢) فقط
ج (٢)، (٣)
د (٣)، (٥)

الفصل 4

الدرس الثالث

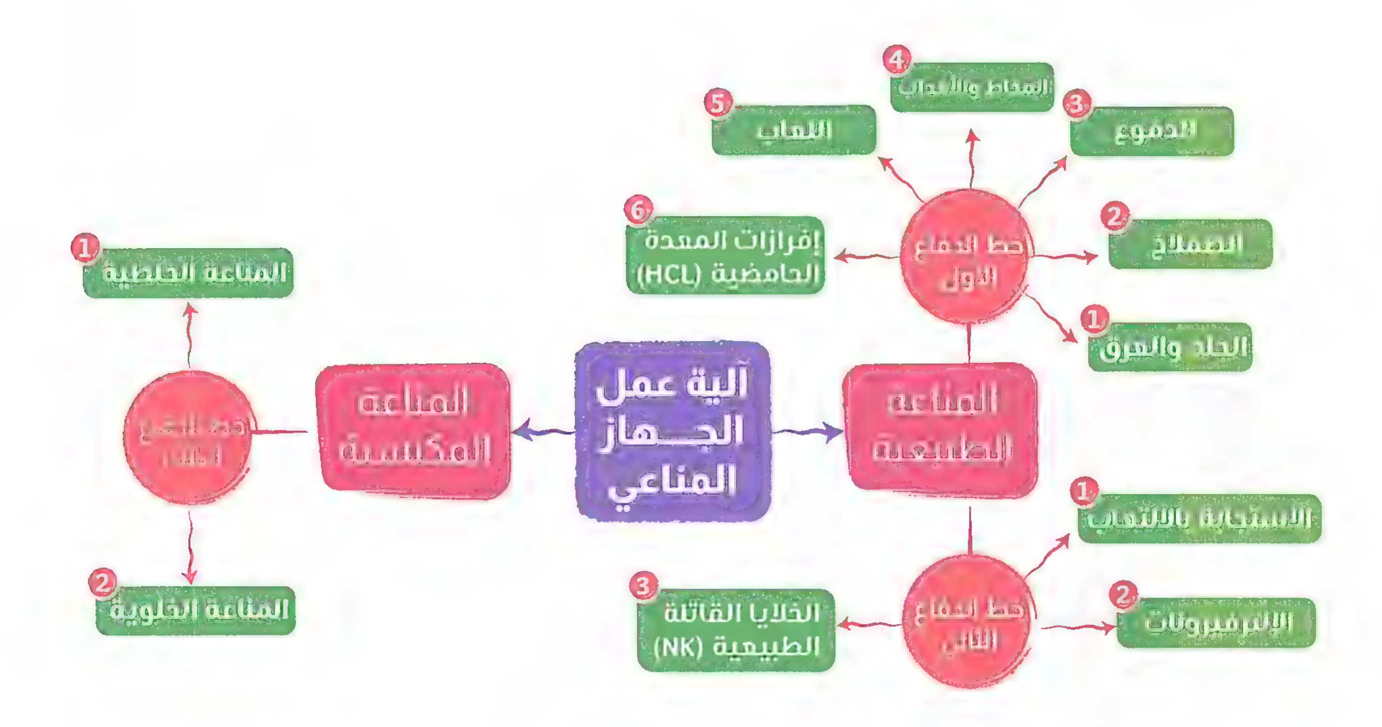
# آلية عمل الجهاز المناعي في الإنسان

✦ يعمل الجهاز المناعي في الإنسان وفق نظامين مناعيين، هما:

1. المناعة الفطرية أو الموروثة (الطبيعية=غير التخصصية=غير التكيفية=غير النوعية).
2. المناعة المكتسبة أو التكيفية (التخصصية=النوعية).

☜ يعمل النظامان المناعيان للجهاز المناعي بتعاون وتنسيق رغم اختلافهما عن بعضهما ... علل ؟!

– لأن المناعة الفطرية أساسية لأداء عمل المناعة المكتسبة بنجاح والعكس صحيح، فكل نظام مناعي يعمل وفق آليات مختلفة تقوم بتنشيط رد الفعل المناعي للنظام المناعي الآخر مما يمكن الجسم من التعامل مع الكائنات المسببة للأمراض بنجاح.




## أولا المناعة الطبيعية (غير المتخصصة أو الفطرية)

**Natural (non-specific or innate) immunity**

مجموعة الوسائل الدفاعية التي تحمي الجسم، وتتميز باستجابة سريعة وفعالة لمقاومة ومحاربة وتفتيت أي ميكروب أو أي جسم غريب يحاول دخول الجسم، وهي غير متخصصة ضد نوع معين من الميكروبات أو الأنتيجينات.

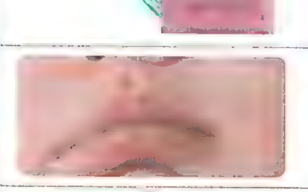
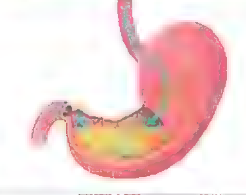
تمر عملية المناعة الطبيعية بخطين دفاعيين متتاليين، هما:

## ١ خط الدفاع الأول First line of defense

مجموعة من الحواجز والتراكيب الطبيعية مثل (الجلد، المخاط، الدموع، العرق، حمض الهيدروكلوريك بالمعدة)، ووظيفتها الأساسية هي منع الكائنات المرضة من دخول الجسم.

### مكونات خط الدفاع الأول:

| المكون | الوصف |
|---|---|
| ١ الجلد | • يتميز بطبقة قرنية صلبة من الكيراتين على سطحه تشكل عائقًا منيعًا لا يسهل اختراقه أو النفاذ منه.<br>• يحتوي على مجموعة من الغدد العرقية تفرز العرق على سطحه والذي يعتبر مميتًا لمعظم الميكروبات بسبب ملوحته.. |
| ٢ الصملاخ (شمع الأذن) | مادة تفرزها الأذن تعمل على قتل الميكروبات التي تدخل الأذن مما يعمل على حمايتها. |
| ٣ الدموع | سائل يحمي العين من الميكروبات وذلك لاحتواء الدموع على مواد محللة للميكروبات. |
| ٤ الممرات التنفسية | • تتميز بوجود طبقة من المخاط عبارة عن سائل لزج يبطن جدار الممرات التنفسية وتلتصق به الميكروبات والأجسام الغريبة الداخلة مع الهواء مما يمنع مرورها<br>• مبطنة من الداخل بالكثير من الأهداب المتحركة المسئولة عن طرد المخاط وما يحمله من ميكروبات وأجسام غريبة إلى خارج الجسم. |
| ٥ اللعاب | سائل يحتوي على:<br>• بعض المواد القاتلة للميكروبات.<br>• بعض الإنزيمات المذيبة لها. |
| ٦ إفرازات المعدة الحامضية | تقوم خلايا بطانة المعدة بإنتاج وإفراز حمض الهيدروكلوريك (HCl) الذي يسبب موت معظم البكتيريا الداخلة مع الطعام. |

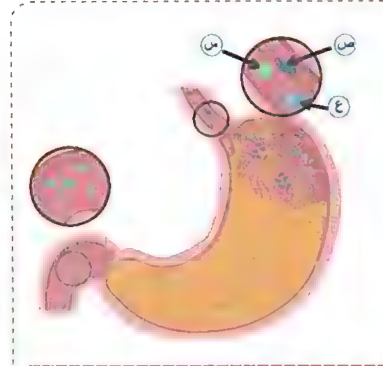



ملحوظات

• يمكن تقسيم وسائل خط الدفاع الأول إلى:
• حواجز ميكانيكية (فيزيائية): وهي التراكيب التي تمنع الميكروبات من دخول الجسم واختراقه بشكل مباشر، وتشمل:
– طبقة الخلايا القرنية الصلبة التي تشكل عائقًا منيعا أمام مسببات الأمراض وتحول دون دخولها الجسم والتي تغطي معظم أجزاء الجسم ماعدا أماكن فتحات أجهزة الجسم مثل الجهاز التنفسي والجهاز الهضمي والجهاز البولي والتناسلي.
– حركة الأهداب في الممرات التنفسية والتي تدفع المخاط بما يلتصق به من ميكروبات لخارج الجسم.
• حواجز كيميائية: وهي المواد الكيميائية والإنزيمات المذيبة التي تفرز في كثير من سوائل الجسم لقتل الميكروبات والقضاء عليها لمنعها من دخول الجسم وتشمل:
– المواد المحللة للميكروبات التي تفرز مع الدموع لحماية العين من الإصابة بالميكروبات.
– العرق الذي تفرزه الغدد العرقية على سطح الجلد والذي يعتبر مميتًا لمعظم الميكروبات بسبب ملوحته.
– الإنزيمات المذيبة للميكروبات الموجودة في اللعاب والمسئولة عن قتل الميكروبات التي تدخل الفم.
– حمض الهيدروكلوريك HCl الذي تفرزه خلايا بطانة المعدة لقتل الميكروبات التي تدخل مع الطعام.
– الصملاخ الموجود في الأذن لقتل الميكروبات ومنعها من الاختراق.



## أسئلة الأداء الذاتي:




١ من الشكل المقابل، أي الرموز التالية يشير إلى الميكروب الذي يحيط نفسه بغلاف مكون من مادة قاعدية ؟
أ) س فقط
ب) ع فقط
ج) س، ص
د) س، ع

٢ أي الهرمونات التالية يحافظ على سلامة حاجز فيزيائي من وسائل خط الدفاع الأول بالجسم ؟
أ) الجاسترين
ب) الثيروكسين
ج) التيموسين
د) البرولاكتين

٣ متلازمة الأهداب غير المتحركة Immotile cilia syndrom مرض جيني ينتج عن خلل في تركيب البروتينات الحركية المسئولة عن حركة الأهداب في أجزاء الجسم المختلفة. أي البدائل التالية تمثل أحد أعراض هذا المرض ؟
أ) زيادة معدل الإصابة بأمراض الجهاز التنفسي
ب) عدم القدرة على امتصاص الطعام المهضوم من الأمعاء الدقيقة
ج) إصابة بعض السيدات بالعقم وعدم القدرة على الإنجاب
د) الأولى والثالثة

٤ يوجد في مهبل الأنثى نوع من البكتريا النافعة غير الضارة تحول الجلوكوز إلى حمض اللاكتيك مما يؤدي إلى نقص قيمة الأس الهيدروجيني للمهبل فيقل معدل الإصابة بالأمراض. في ضوء ذلك، استنتج نوع المناعة التي تشارك فيها هذه البكتريا ..........
أ) مناعة فطرية متخصصة
ب) مناعة مكتسبة متخصصة
ج) مناعة موروثة غير متخصصة
د) مناعة مكتسبة غير متخصصة

## ب خط الدفاع الثاني Second line of defense

نظام دفاعي داخلي يستخدم فيه الجسم طرقًا وعمليات غير متخصصة متلاحقة تحيط بالميكروبات لمنع انتشارها، وتبدأ هذه العمليات بحدوث التهاب شديد.

- يعمل هذا النظام إذا ما نجحت الكائنات الممرضة في تخطي وسائل خط الدفاع الأول وقامت بغزو أنسجة الجسم من خلال جرح قطعي بالجلد على سبيل المثال.

### مكونات خط الدفاع الثاني:

#### ١ الاستجابة بالالتهاب Inflammatory response

تفاعل دفاعي غير تخصصي (غير نوعي) حول مكان الإصابة نتيجة لتلف الأنسجة الذي تسببه الإصابة أو العدوى.

عند غزو الميكروبات أو الأجسام الغريبة لأنسجة الجسم

↓

تحدث بعض التغيرات في مكان الإصابة علي النحو التالي :

↓

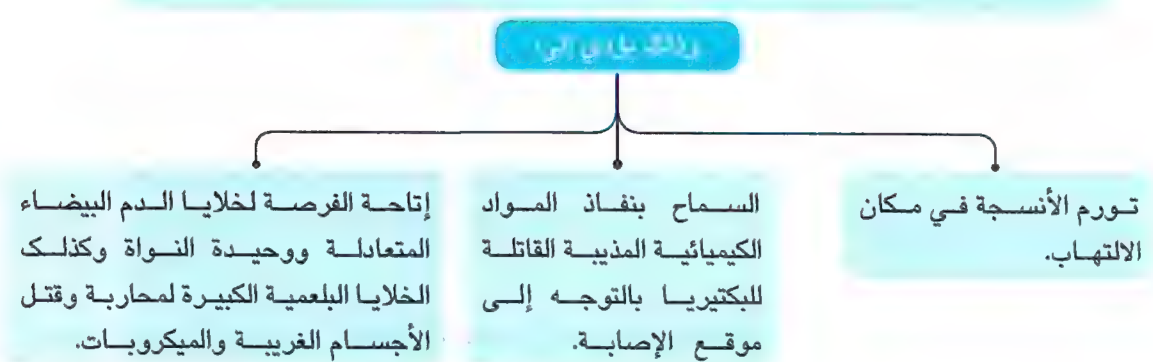
تقوم خلايا خاصة Special cells مثل (الخلايا الصارية Mast cells - خلايا الدم البيضاء القاعدية) بإفراز :

↓

كميات من مواد كيميائية مولدة للالتهاب، من أهمها «مادة الهيستامين Histamine»

↓ تعمل على

- تمدد الأوعية الدموية عند موقع الإصابة إلى أقصى مدى.
- زيادة نفاذية الأوعية الدموية الصغيرة والشعيرات الدموية للسوائل من الدورة الدموية.




#### ٢ الإنترفيرونات Interferons
#### ٣ الخلايا القاتلة الطبيعية NK

← يتواجدان في معظم الأنسجة.

١ تدخل البكتيريا إلى الجسم من الجرح

٢ يسبب وجود البكتيريا إفراز مادة الهيستامين من الخلايا الصارية والخلايا القاعدية بمنطقة الجرح

٣ تزيد حبيبات الهيستامين من نفاذية الأوعية الدموية بمنطقة الجرح وتحفز (تنشط) الخلايا المناعية

٤ تسبب حبيبات الهيستامين تمدد واتساع الأوعية الدموية فيزداد تدفق البلازما لمنطقة الجرح مسببة إحمرار وتورم وألم

٥ تأتي خلايا الدم البيضاء المتعادلة ووحيدة النواة والبلعمية من الأوعية الدموية بالجرح إلى موقع الإصابة لتقوم بالتهام البكتيريا والخلايا المحطمة

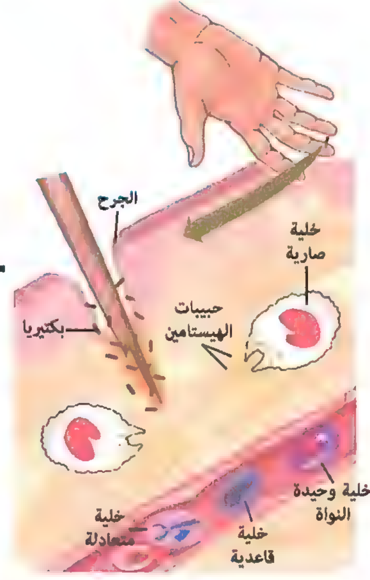
خلية دم بيضاء متعادلة

بكتيريا

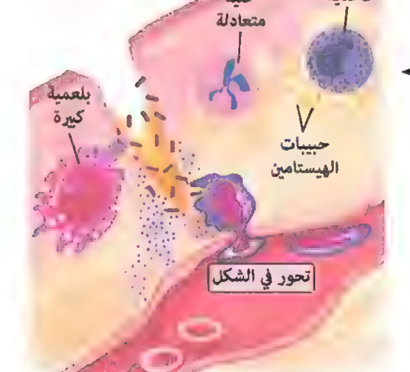
حبيبات الهيستامين

خلية صارية

الاستجابة بالالتهاب (غير متخصصة)




تفرز الخلايا الصارية وخلايا الدم البيضاء القاعدية حبيبات الهيستامين




حبيبات الهيستامين تعمل على:

- تمدد الأوعية الدموية..
- زيادة نفاذية جدران الأوعية الدموية..

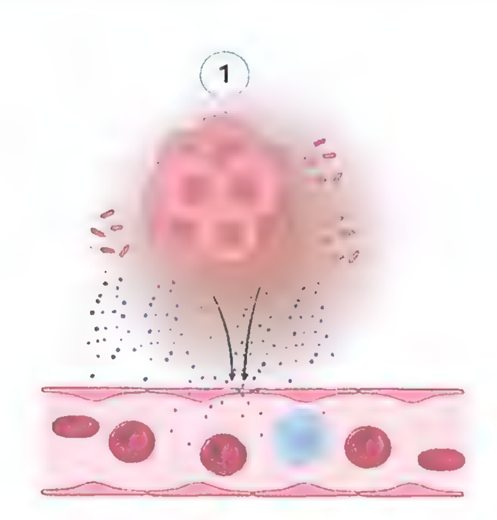
مما يتيح الفرصة لخلايا الدم البيضاء المتعادلة ووحيدة النواة والخلايا البلعمية الكبيرة لمحاربة وقتل الأجسام الغريبة والميكروبات.

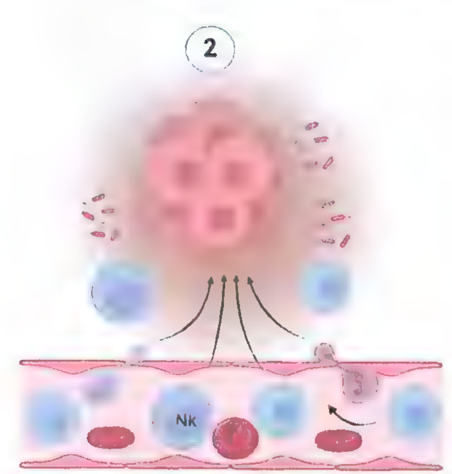
## أسئلة الأداء الذاتي:

٥ أي المواد الكيميائية التالية يزداد تركيزها عند موضع لدغة أنثى بعوضة الأنوفيليس ؟

Ⓐ الإنترفيرونات والكيموكينات
Ⓑ الكيموكينات والهيستامين
Ⓒ الإنترليوكينات والليمفوكينات
Ⓓ الهيستامين والبيروفين

٦ ادرس الشكل المقابل جيدًا ثم أجب عن الأسئلة التالية :

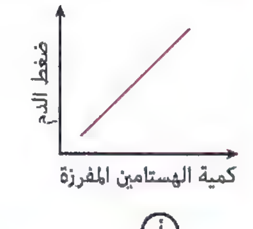




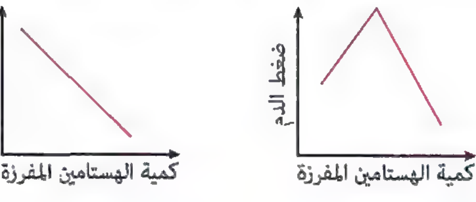

(١) في ضوء منهجك، المادة المفرزة في المرحلة (١) تمتاز بأنها .........
ⓐ تعمل كأداة اتصال وربط بين خلايا الدم البيضاء وبعضها
ⓑ مسؤولة عن الحد من تكاثر وانتشار الميكروب في الأنسجة
ⓒ إنزيمات أو بروتينات تقوم بتحليل أنتيجينات الميكروبات
ⓓ تحث الخلايا السليمة المجاورة لها على إفراز إنزيمات معينة

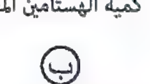
(٢) لكي تتم مقاومة الإصابة بهذا الميكروب بمجرد دخوله يتطلب ذلك نشاط .........
ⓐ الخلايا البلعمية الكبيرة والخلايا البائية
ⓑ الخلايا المحببة والخلايا التائية السامة
ⓒ الخلايا البلعمية والخلايا القاتلة الطبيعية
ⓓ الخلايا البائية والخلايا المتعادلة

٧ أي الأشكال البيانية التالية تعبر بشكل صحيح عن العلاقة بين كمية الهيستامين المفرزة من الخلايا الصارية وضغط الدم ؟

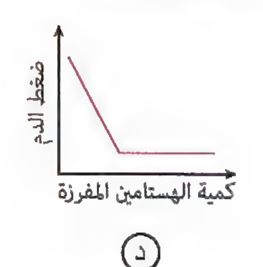


ⓐ




ⓑ

ⓒ



ⓓ

## ثانيا المناعة المكتسبة (المتخصصة أو التكيفية)

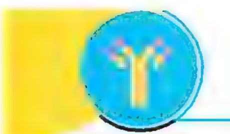
## Acquired (specific or adaptive) immunity

- إذا أخفق خط الدفاع الثاني في التخلص من الجسم الغريب فإن الجسم هنا يلجأ إلى خط دفاع ثالث.
- يتمثل خط الدفاع الثالث في الخلايا الليمفاوية التي تستجيب بسلسلة من الوسائل الدفاعية التخصصية (النوعية) لمقاومة الكائن المسبب للمرض..

، وتسمى هذه الوسائل الدفاعية مجتمعة بـ«الاستجابة المناعية The immune response».

### الاستجابة المناعية

سلسلة الوسائل الدفاعية التخصصية النوعية التي تقوم فيها الخلايا الليمفاوية بمقاومة الكائن المسبب للمرض.





## آليـات المناعـة المكتسـبة

- تتمم المناعة خلال آليتين منفصلتين شكليًا لكنهما متداخلتان مع بعضهما البعض، وهما:

أ المناعة الخلطية أو المناعة بالأجسام المضادة. ب المناعة الخلوية أو المناعة بالخلايا الوسيطة.

### أ المناعة الخلطية أو المناعة بالأجسام المضادة Humoral or antibody-mediated immunity

الاسـتجابة المناعيـة التـي تقـوم خلالهـا الخلايـا الليمفاويـة البائيـةB بالدفـاع عـن الجسـم ضـد أنتيجينـات الكائنـات الممرضـة (كالبكتيريـا والفيروسـات) والسـموم الموجـودة فـي سـوائل الجسـم (بلازمـا الـدم والليمـف) بواسـطة الأجسـام المضـادة.

**خطوات المناعة الخلطية:**

عند دخول كائن ممرض حاملا على سطحه أنتيجين (مستضد) معين إلى الجسم

**١ دور الخلايا الليمفاوية البائية B**

تتعـرف الخليـة الليمفاويـة البائيـة علـى الأنتيجيـن المختصـة بـه ثـم تلتصـق بـه بواسـطة المسـتقبلات المناعيـة الموجـودة علـى سـطحها.

↓

يرتبـط الأنتيجيـن مـع بروتيـن فـي الخلايـا الليمفاويـة البائيـة B يطلـق عليـه «بروتيـن التوافـق النسـيجي (MHC)».

↓

ينتقـل المركـب الناتـج مـن ارتبـاط الأنتيجيـن مـع بروتيـن التوافـق النسـيجي إلـى سـطح الخلايـا الليمفاويـة البائيـة.

**٢ دور الخلايا البلعمية الكبيرة**

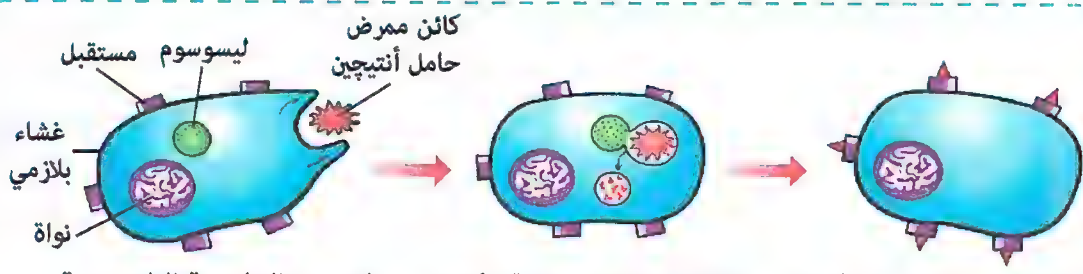
تقـوم الخلايـا البلعميـة الكبيـرة بابتـلاع الأنتيجيـن وتفكيكـه إلـى أجـزاء صغيـرة بواسـطة إنزيمـات الليسوسـوم.

↓

ترتبـط هـذه الأجـزاء الصغيـرة داخل الخلايـا البلعميـة الكبيـرة ببروتيـن التوافـق النسـيجي MHC.

↓

ينتقـل المركـب الناتـج مـن ارتبـاط الأنتيجيـن مـع بروتيـن التوافـق النسـيجي MHC إلـى سـطح الغشـاء البلازمـي للخلايـا البلعميـة الكبيـرة (أي يتـم عرضـه علـى سـطحها الخارجـي).




تلتهـم الخليـة البلعميـة الكبيـرة الكائـن الممرض.

تفكك الخلية البلعمية الكبيرة الأنتيجين بواسـطة إنزيمـات الليسوسوم.

تعرض الخلية البلعمية الكبيرة المركب الناتج من ارتباط الأنتيجين مع بروتين التوافق النسـيجي (MHC) على سـطح غشـائها البلازمي.

دور الخلايا البلعمية الكبيرة في المناعة الخلطية

**٣ تنشيط الخلايا التائية المساعدة $T_H$**

تتعرف الخلايا التائية المساعدة $T_H$ على الأنتيجين من خلال بروتين التوافق النسيجي MHC المرتبطة معه على سطح الخلية البلعمية الكبيرة.

↓

ترتبط الخلايا التائية المساعدة $T_H$ عن طريق مستقبلها $CD_4$ الموجود على سطحها بالمركب الناتج عن ارتباط الأنتيجين وبروتين التوفق النسيجي MHC لتتحول إلى خلايا تائية مساعدة نشطة.

↓

تطلق الخلايا التائية المساعدة $T_H$ النشطة موادًا بروتينية تسمى الإنترليوكينات تقوم بتنشيط الخلايا البائية التي تحمل على سطحها الأنتيجينات المرتبطة مع بروتين التوافق النسيجي MHC

↓

**٤ إنتاج الأجسام المضادة**

تبدأ الخلايا البائية المنشطة B عملها بالانقسام والتضاعف، لتتمايز في النهاية إلى نوعين من الخلايا:

**خلايا بائية بلازمية Plasma B cells**

تنتج كميات كبيرة من الأجسام المضادة التي تدور عبر الأوعية الليمفاوية ومجرى الدم لمحاربة العدوى.

**خلايا ليمفاوية بائية ذاكرة Memory B cells**

تبقى في الدم لمدة طويلة من (٢٠ : ٣٠ سنة).. فسر؟

لتتعرف على نفس الأنتيجين إذا دخل الجسم مرة ثانية، حيث تنقسم وتتمايز إلى خلايا بلازمية تفرز أجسامًا مضادة له وبالتالي تكون الاستجابة سريعة.

↓

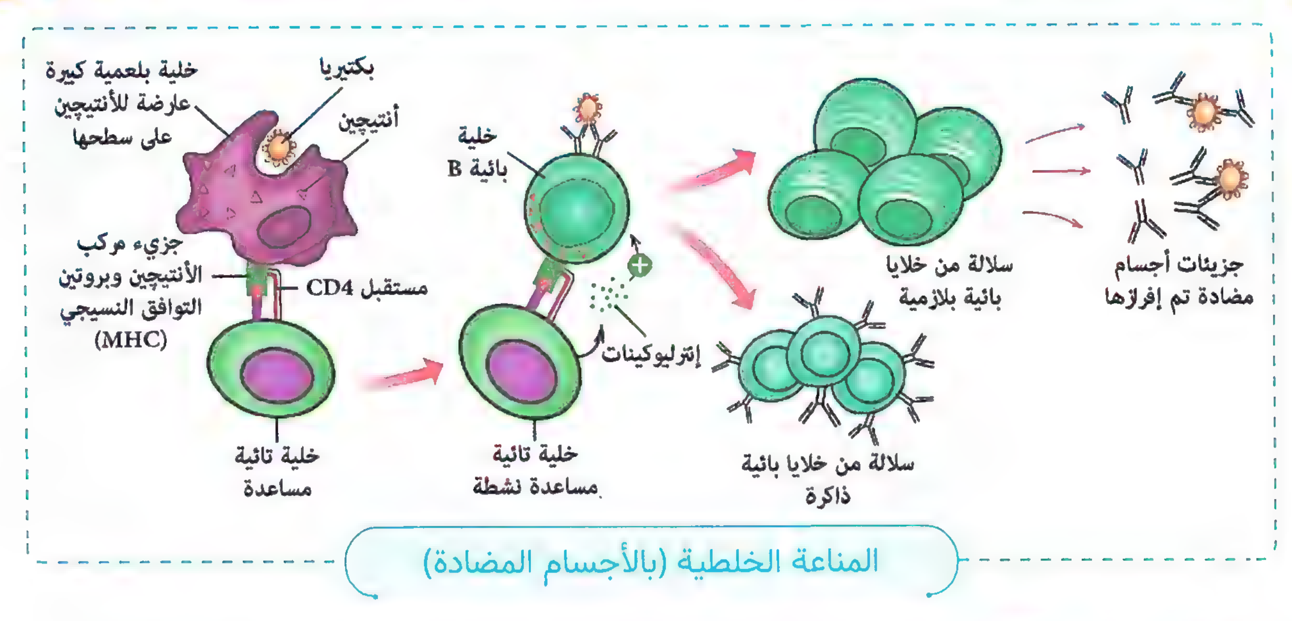
**٥ تدمير الكائنات الممرضة**

تصل الأجسام المضادة التي أنتجتها الخلايا البلازمية إلى الدورة الدموية عن طريق الليمف لترتبط بالأنتيجينات الموجودة على سطح الكائن الممرض مما يثير الخلايا البلعمية الكبيرة فتقوم بالتهام هذه الأنتيجينات من جديد وتستمر هذه العملية لعدة أيام أو أسابيع.

**ملحوظات**

- الخلايا الليمفاوية البائية B عالية التخصص؛ لأن كل منها يستجيب لأنتجين معين واحد فقط.
- تلتصق الخلايا البائية B بالأنتجين الخاص بها عن طريق المستقبلات المناعية.
- لا تستطيع الخلايا التائية المساعدة $T_H$ التعرف على الأنتيجين إلا بعد معالجته بواسطة الخلايا البلعمية الكبيرة وعرضه على غشائها البلازمي مرتبطًا مع جزيئات بروتين التوافق النسيجي MHC.
- الأجسام المضادة التي تكونها الخلايا البلازمية غير فعالة بما فيه الكفاية لتدمير بعض الخلايا الغريبة مثل الخلايا المصابة بالفيروس ... فسر؟

لأنها لا تستطيع المرور عبر أغشية الخلايا بسبب جزيئاتها الكبيرة وبالتالي لا تستطيع الوصول إلى الفيروس الذي يتكاثر داخل الخلية وفي هذه الحالة تتم مقاومة هذه الخلايا الغريبة بواسطة الخلايا الليمفاوية التائية.




المناعة الخلطية (بالأجسام المضادة)

### للاطلاع فقط

◆ الأنتيجين Antigen

• التعريــف: مادة كيميائية غريبة عن الجســم توجد على ســطح الكائن الممرض لهــا القدرة على تحفيز وســائل المناعة المتخصصة عند دخولها إلى الجســم فتحدث الاســتجابة المناعية ضده.

• شروط وخصائص الأنتيجينات:

- أن تكون غريبة في التركيب الكيميائي عن أجزاء الجسم المختلفة حتى يتعرف عليها الجهاز المناعي فور دخولها إلى الجسم.
- أن يكون وزنها الجزيئي كبيرًا.
- أن يكون تركيبها الكيميائي معقدًا لذا يكون أغلبها من البروتينات معقدة التركيب.

وهذا يفســر عدم حــدوث اســتجابة مناعية ضد الطعــام الذي نأكلــه عند معظم النــاس حيث يتــم تحليل وهضم جزيئــات الطعام كبيــرة الحجم إلــى وحدات بنائيــة أصغر مشــابهة لتلك التي تدخــل في تركيب أجــزاء الجســم المختلفة مثل الأحمــاض الأمينية.

## ب المناعة الخلوية أو المناعة بالخلايا الوسيطة Cellular or cell-mediated immunity

### المناعة الخلوية

الاســتجابة المناعيــة التــي تقــوم بهــا الخلايــا الليمفاويــة التائيــة T بواســطة المســتقبلات الموجــودة علــى أغشــيتها والتــي تكســبها الاســتجابة النوعيــة للأنتيجينــات.

### الاستجابة النوعية للأنتيجينات

إنتــاج كل خليــة تائيــة T أثناء عمليــة النضــج نوعًا مــن المســتقبلات Receptors الخاصــة بغشــائها، وبذلــك يمكــن لــكل نــوع مــن المســتقبلات الارتبــاط بنــوع واحــد مــن الأنتيجينــات.

### خطوات المناعة الخلوية:

عند دخول الكائن الممرض (البكتريا أو الفيروسات) إلى الجسم

**١ دور الخلايا البلعمية الكبيرة**

تقوم الخلايا البلعمية الكبيرة بابتلاع الكائن الممرض ثم تفكيك أنتيجينه إلى أجزاء صغيرة.

↓

ترتبط هذه الأجزاء الصغيرة داخل الخلايا البلعمية الكبيرة ببروتين التوافق النسيجي MHC

↓

ينتقــل المركــب الناتــج مــن ارتبــاط الأنتيجيــن مــع بروتيــن التوافــق النســيجي MHC إلــى ســطح الغشــاء البلازمــي للخلايــا البلعميــة الكبيــرة (أي يتــم عرضــه علــى ســطحها الخارجــي).



## ٢ تنشيط الخلايا التائية المساعدة

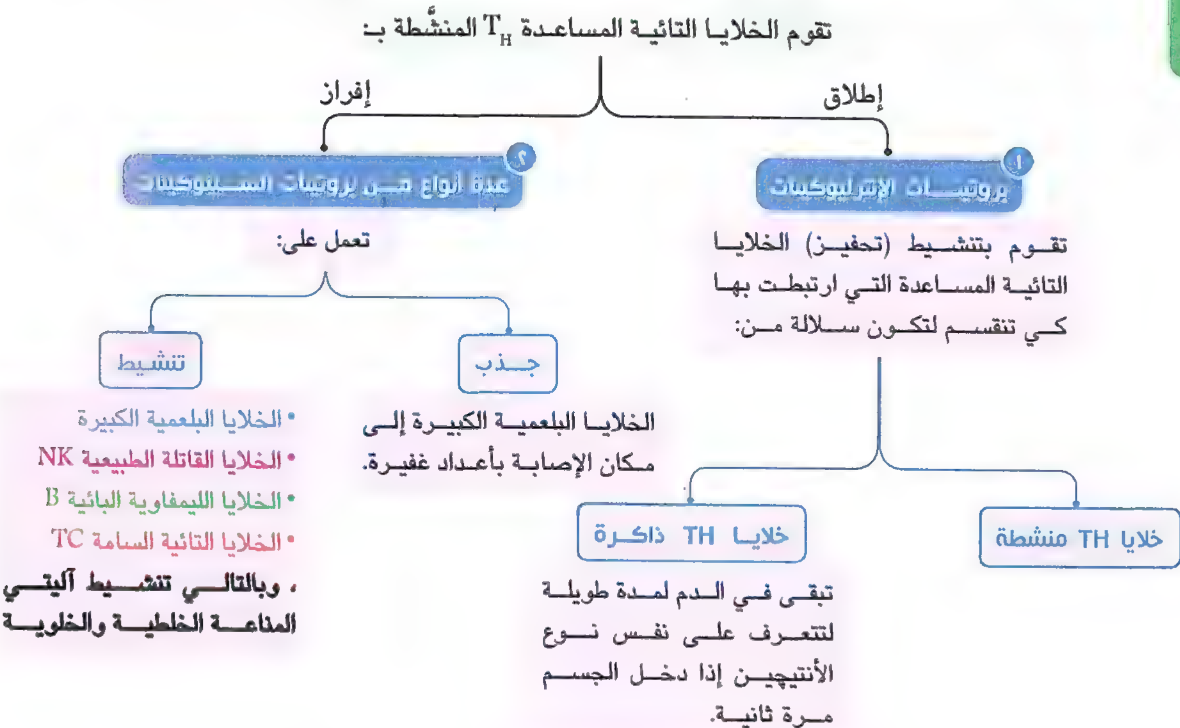
تتعرف الخلايا التائية المساعدة $T_H$ على الأنتيجين من خلال بروتين التوافق النسيجي MHC المرتبطة معه على سطح الخلية البلعمية الكبيرة.

↓

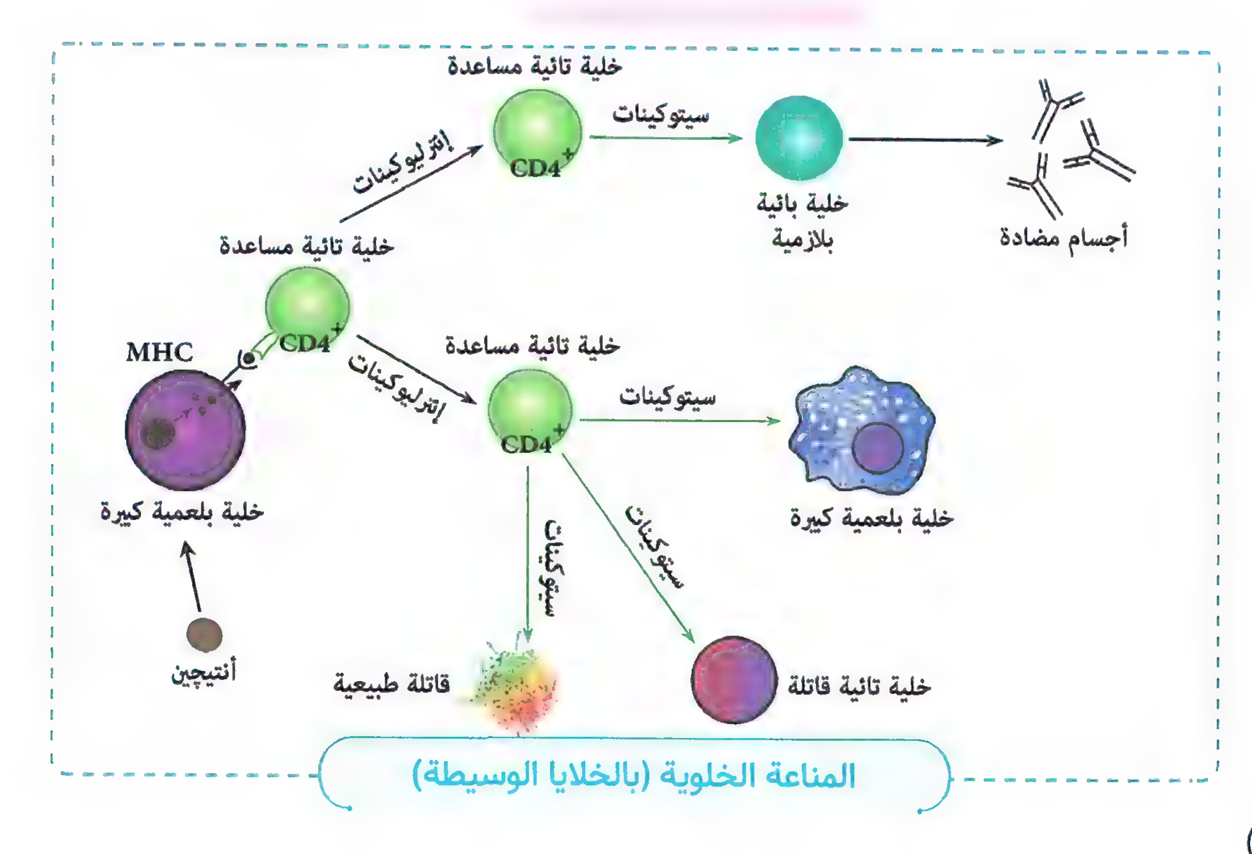
ترتبط الخلايا التائية المساعدة $T_H$ عن طريق مستقبلها CD4 الموجود على سطحها بالمركب الناتج من ارتباط الأنتيجين مع بروتين التوافق النسيجي MHC لتتحول إلى خلايا تائية مساعدة منشَّطة.

↓

تقوم الخلايا التائية المساعدة $T_H$ المنشَّطة بـ:









المناعة الخلوية (بالخلايا الوسيطة)





### ٣ دور الخلايا التائية السامة

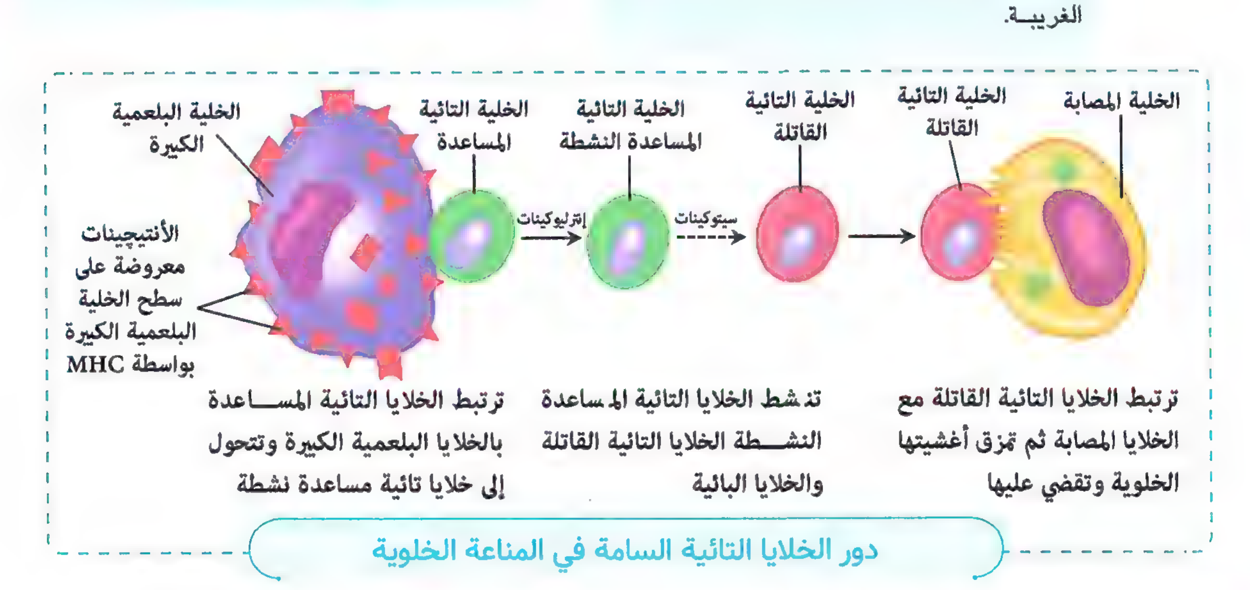
تتعـرف الخلايـا التائيـة السـامة (القاتلـة) Tc بواسـطة المسـتقبل CD8 الموجـود علـى سـطحها علـى الأجسـام الغريبـة كالأنسـجة المزروعـة فـي الجسـم أو أنتيجينـات الميكروبـات التـي تدخـل الجسـم أو الخلايـا السـرطانية وترتبـط بهـا ثـم تقضـي عليهـا عـن طريـق إفـراز:

**بروتيـن البرفوريـن Perforin**

يسـمى البروتيـن صانـع الثقـوب Performing protein حيث يعمل علـى تثقيب غشـاء الأجسـام الغريبـة.

**سـموم ليمفاوية**

تنشـط جينـات معينـة فـي نـواة الخلايـا المصابـة ممـا يـؤدي إلـى تفتيـت نـواة الخليـة وموتهـا.




دور الخلايا التائية السامة في المناعة الخلوية

## تثبيـط الاسـتجابة المناعية

**بعد القضاء على أنتيجينات الكائنات الممرضة**

↓

ترتبط الخلايا المثبطة $T_s$ بواسـطة المسـتقبل CD8 الموجود على سـطحها مع:

- الخلايا البائية البلازمية B
- الخلايا التائية المساعدة $T_H$
- الخلايا التائية السامة $T_c$

↓

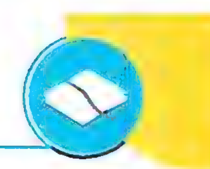
تتحفز الخلايا التائية الكابحة لإفـراز بروتينات الليمفوكينات Lymphokins التي تثبط (تكبح) الاسـتجابة المناعية.

**وذلك يؤدي إلى:**

**توقف**: الخلايـا البائية البلازمية عن إنتاج الأجسام المضادة.

**موت**: الكثيـر مـن الخلايـا التائيـة المسـاعدة المنشـطة والسـامة.







بعد تثبيط الاستجابة المناعية

↓

تختزن بعض الخلايا الليمفاوية (البائية البلازمية والتائية المساعدة $T_H$ والتائية السامة $T_c$) لتكون مهيأة لمكافحة أي عدوى أخرى عند الحاجة.

### ملحوظات

- الخلية التي تنشط آليتي المناعة الخلطية والخلوية هي (الخلية التائية المساعدة $T_H$).
- المناعة الخلوية أكثر فعالية من المناعة الخلطية؛ لأن المناعة الخلوية تهاجم خلايا الأنسجة المصابة بالفيروسات بينما لا تستطيع المناعة الخلطية مهاجمتها.
- عند إصابة الإنسان بالسرطان أو بفيروس C:
  - يزداد عدد الخلايا التائية السامة (القاتلة) $T_c$ لتهاجم الخلايا المصابة بالسرطان أو بفيروس C وذلك عن طريق إفراز بروتين البيرفورين الذي يعمل على تثقيب غشاء الخلايا المصابة وإفراز سموم ليمفاوية تنشط جينات معينة في نواة الخلايا المصابة مما يؤدي إلى تفتيت الخلية وموتها.
  - يزداد عدد الخلايا القاتلة الطبيعية NK لمهاجمة الخلايا المصابة بالسرطان أو بفيروس C والقضاء عليها بواسطة الإنزيمات التي تفرزها.
  - تقوم الخلايا المصابة بفيروس C بإنتاج الإنترفيرونات لمنع الفيروس من التكاثر والانتشار في الجسم حيث إنها ترتبط بالخلايا الحية المجاورة للخلايا المصابة وتحثها على إنتاج نوع من الإنزيمات يعمل على تثبيط عمل إنزيمات نسخ الحمض النووي للفيروس.

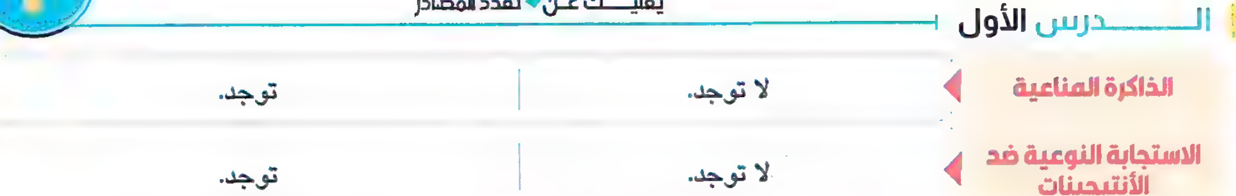
- يوصى بتناول الأطعمة الغنية بالبروتين أثناء المرض؛ لأن معظم المواد المسئولة عن مجابهة الميكروبات والكائنات الممرضة التي تغزو أنسجة الجسم تتكون بصفة أساسية من مواد بروتينية (الإنترليوكينات - الأجسام المضادة - السيتوكينات - البيرفورين - الإنترفيرونات.. وغيرها) وبالتالي تزداد القدرة المناعية للجسم مما يؤدي إلى سرعة الشفاء.

- يمكن علاج الالتهابات الشديدة بحقن المريض بخلاصة نخاع الغدة الكظرية؛ لأن خلاصة نخاع الغدة الكظرية (هرموني الأدرينالين والنورأدرينالين) يحفزان انقباض العضلات اللاإرادية الملساء الموجودة في جدران الأوعية الدموية فيقل توارد الدم للأنسجة الملتهبة وتقل نفاذية الشعيرات الدموية الصغيرة ويزداد ضغط الدم وبذلك يضاد عمل الهيستامين عند مكان الالتهاب.
- مقارنة بين الأنتيجينات والمستقبلات المناعية:

| | الأنتيجينات | المستقبلات المناعية |
|---|---|---|
| مكان الوجود | توجد على سطح الأجسام الغريبة التي تغزو أنسجة الجسم مثل البكتيريا | توجد على سطح الخلايا الليمفاوية. |
| الوظيفة | تنبه الجهاز المناعي فتحدث الاستجابة حيث تتعرف الخلايا الليمفاوية من خلالها على الأجسام الغريبة وتلتصق بها ثم تجهز آليات الدفاع ضدها لحماية الجسم منها. | تتعرف من خلالها الخلايا الليمفاوية على الأجسام الغريبة وترتبط الأنتيجينات الموجودة على سطحها لتقوم كل منها باستجابتها المناعية لحماية الجسم. |

### مقارنة بين المناعة الفطرية والمناعة المكتسبة:

| | المناعة الفطرية في الإنسان | المناعة المكتسبة في الإنسان |
|---|---|---|
| خط الدفاع | الأول والثاني. | الثالث. |
| سرعة الاستجابة | سريعة نسبيًا. | بطيئة نسبيًا. |
| زمن التأثير | مناعة موروثة توجد قبل حدوث الإصابة. | تبدأ بعد تعرف الجهاز المناعي على أنتيجينات الجسم الغريب فور دخوله الجسم. |
| التخصص | غير متخصصة ضد ميكروب معين. | متخصصة ضد أنتيجينات ميكروب معين. |



| | | |
|---|---|---|
| الذاكرة المناعية | لا توجد. | توجد. |
| الاستجابة النوعية ضد الأنتيجينات | لا توجد. | توجد. |

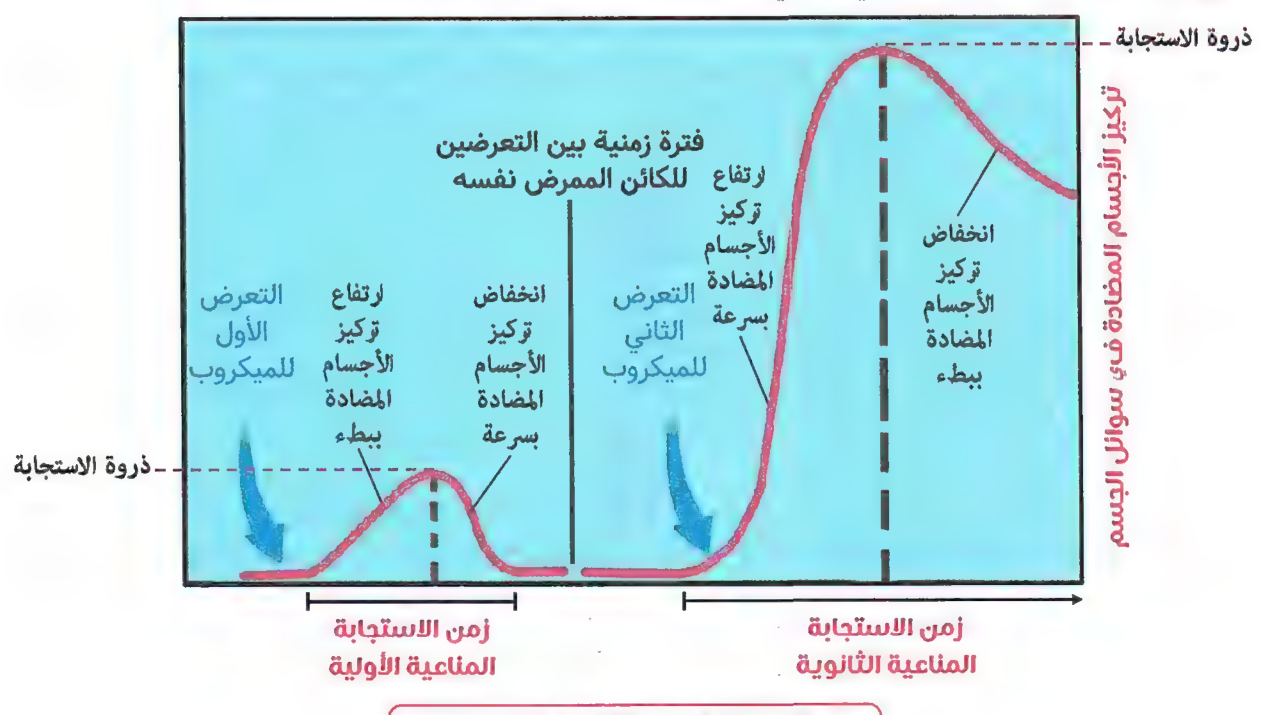
أشهر الخلايا التي تشارك في المناعة الطبيعية والمناعة المكتسبة:



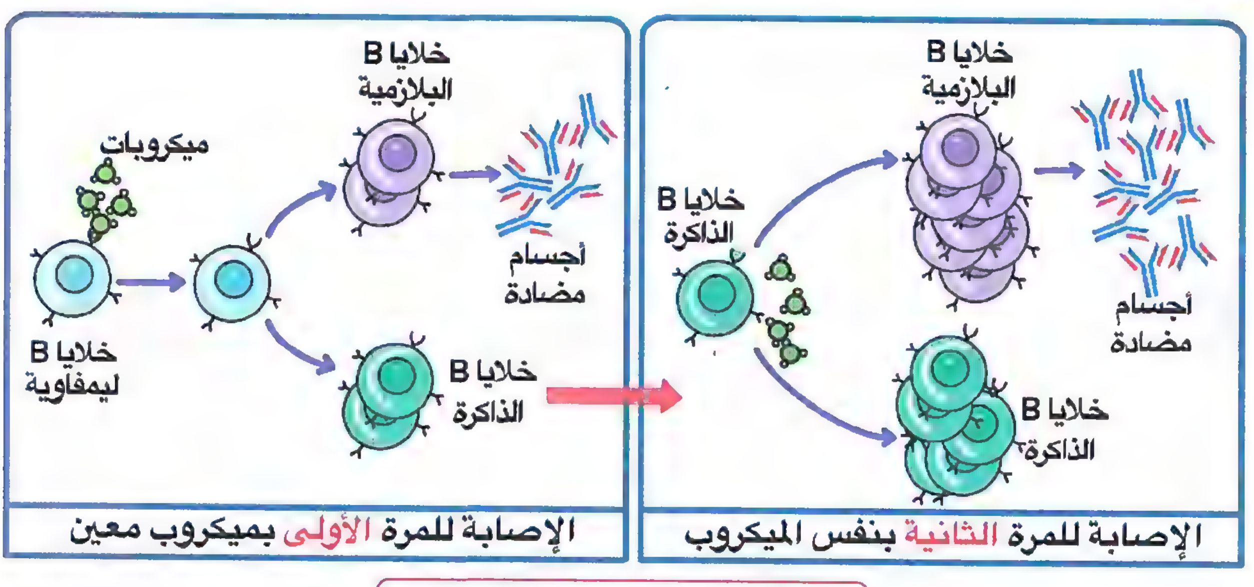

## مراحل المناعة المكتسبة

**تحدث المناعة المكتسبة على مرحلتين، هما:**

1. المرحلة الأولى: الاستجابة المناعية الأولية.
2. المرحلة الثانية: الاستجابة المناعية الثانوية.




الاستجابة المناعية الأولية والثانوية




الاستجابة المناعية الأولية والثانوية

مقارنة بين الاستجابة المناعية الأولية والاستجابة المناعية الثانوية:

| | الاستجابة المناعية الأولية (المناعة الأولية) | الاستجابة المناعية الثانوية (المناعة الثانوية) |
|---|---|---|
| التعريف | هي استجابة الجهاز المناعي لكائن ممرض جديد. | هي استجابة الجهاز المناعي لنفس الكائن الممرض الذي سبق الإصابة به. |
| الخلايا المسئولة عنها | الخلايا الليمفاوية البائية والتائية هي المسئولة عن الاستجابة المناعية الأولية حيث تستجيب لأنتيجينات الكائن الممرض وتهاجمها حتى تقضي عليها. | خلايا الذاكرة هي المسئولة عن الاستجابة المناعية الثانوية .. علل ؟<br>لأنها تختزن المعلومات عن الأنتيجينات التي حاربها الجهاز المناعي في الماضي |
| ظهور أعراض المرض | يصاحب الاستجابة المناعية الأولية ظهور أعراض المرض ... علل ؟<br>لأن العدوى تصبح واسعة الانتشار في الجسم. | لا يصاحب الاستجابة المناعية الثانوية ظهور أعراض المرض ... علل ؟<br>لأنه يتم تدمير الكائن الممرض بسرعة. |
| سرعة الاستجابة | الاستجابة المناعية الأولية استجابة بطيئة ... علل ؟<br>لأنها تستغرق وقتًا ما بين (٥ : ١٠ أيام) للوصول إلى أقصى إنتاجية من الخلايا البائية والتائية، والتي تكون في حاجه للوقت كي تتضاعف. | الاستجابة المناعية الثانوية استجابة سريعة جدًا .. علل ؟<br>لأنه غالبًا ما يتم تدمير الكائن الممرض قبل أن تظهر أعراض المرض. |

| | خلايا الذاكرة | |
|---|---|---|
| يتكون خلالها خلايا الذاكرة البائية والتائية وتبقى كامنة في الدم. | | تنشط فيها خلايا الذاكرة التي سبق تكوينها في الاستجابة المناعية الأولية. |
| منخفض نسبيًا. | تركيز الأجسام المضادة | مرتفع نسبيًا. |
| استجابة مناعية قصيرة المدى. | الفترة الزمنية | استجابة مناعية طويلة المدى. |

## خلايا الذاكرة

- **المفهوم:** نوع من الخلايا تختزن معلومات عن الأنتيجينات التي حاربها الجهاز المناعي في الماضي.
- **أنواعها:** • خلايا بائية ذاكرة. • خلايا تائية ذاكرة.
- **وقت تكوينها:** أثناء الاستجابة المناعية الأولية.
- **العمر:** تعيش عشرات السنين أو قد يمتد بها الأجل طول العمر بينما لا تعيش الخلايا البائية والتائية إلا أيامًا معدودة.
- **أهمية خلايا الذاكرة:** أثناء المجابهة الثانية مع نفس الكائن الممرض، تستجيب خلايا الذاكرة للكائن الممرض فور دخوله إلى الجسم فتبدأ في الانقسام سريعًا وينجم عن نشاطها السريع إنتاج العديد من الأجسام المضادة والعديد من الخلايا التائية النشطة خلال وقت قصير.

  **مثال:** لا يصاب الإنسان بالحصبة إلا مرة واحدة في حياته لأنه اكتسب مناعة ضد الإصابة بهذا المرض

### ملحوظات

- **اللقاح:** الميكروب المسبب للمرض في صورة ميتة أو مضعفة وهو مناعة اصطناعية طويلة المدى.
- **المصل:** أجسام مضادة جاهزة ضد الميكروب المسبب للمرض وهو مناعة اصطناعية قصيرة المدى.

- اللقاح أفضل من المصل: لأن المصل لا يستحث الجهاز المناعي لتكوين خلايا ذاكرة ضد الميكروب ولذا يستمر تأثيره لفترة قصيرة تنتهي بتحلل الأجسام المضادة، أما اللقاح فيستحث الجهاز المناعي لتكوين:
  - خلايا بائية بلازمية تنتج أجسامًا مضادة للميكروب.
  - خلايا بائية وتائية ذاكرة وأثناء المجابهة الثانية مع نفس الكائن الممرض تستجيب خلايا الذاكرة بالانقسام والتضاعف وينجم عن نشاطها السريع إنتاج العديد من الأجسام المضادة والخلايا التائية خلال وقت قصير لذا يستمر تأثير اللقاح لفترة طويلة.

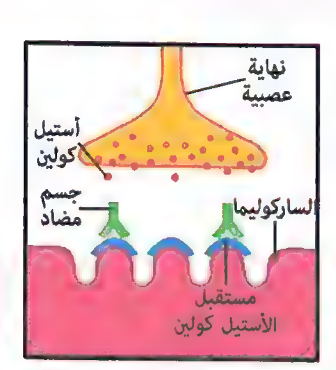
### فسر ؟!

- **لا يصاب الإنسان بالحصبة إلا مرة واحدة بينما قد يصاب بالإنفلونزا أكثر من مرة في حياته.**
  - وذلك لأن الفيروس المسبب للحصبة ثابت نسبيا في تركيبه الوراثي فعند دخوله الجسم للمرة الثانية تنشط تجاهه خلايا الذاكرة التي سبق تكوينها أثناء الإصابة الأولى فتبدأ في الانقسام السريع مما يؤدي إلى تنشيط الخلايا التائية القاتلة ويزداد تركيز الأجسام المضادة خلال وقت قصير فيتم القضاء عليه قبل ظهور أعراض المرض.
  - بينما الفيروس المسبب للإنفلونزا متغير نسبيا في تركيبه الوراثي نتيجة حدوث طفرات في تركيبه بشكل مستمر ينتج عنها تغير الأنتيجينات التي تحفز الاستجابة المناعية الأولية في كل مرة يدخل فيها إلى الجسم وكأنه فيروس جديد مما يؤدي إلى ظهور الأعراض عقب كل إصابة.

- تحتوي اللقاحات على الجراثيم المسببة للمرض في صورة ميتة أو مضعفة.
- حتى لا يكون لها القدرة على إحداث المرض وفي نفس الوقت يكون لها القدرة على تحفيز الجهاز المناعي على تكوين أجسام مضادة ضدها وخلايا ذاكرة تبقى كامنة في الدم لحماية الجسم من الإصابة بالمرض الذي تسببه هذه الجراثيم عند دخولها إلى الجسم مرة ثانية.

## للاطلاع فقط

- **الأمراض ذاتية المناعة autoimmune diseases**
  - المفهوم: مجموعة من الأمراض تنتج من خلل في الجهاز المناعي حيث يفشل في التمييز بين الخلايا الذاتية والخلايا غير الذاتية، فيتعرف الجهاز المناعي على أجزاء معينة من الجسم على أنها أنتيجينات غريبة مما يؤدي إلى تحفيز الاستجابة المناعية ضدها من خلال تكوين أجسام مضادة مخصصة أو تنشيط الخلايا التائية والبلعمية.
  - مثل: مرض وهن العضلات myasthenia gravis : يتم فيه تكوين أجسام مضادة ضد مستقبلات الأستيل كولين على أغشية الألياف العضلية مما يؤدي إلى منع الأستيل كولين من الارتباط بمستقبلاته فتقل قدرة العضلة على الانقباض مما يؤدي إلى ضعف الحركات الإرادية بالجسم.










ميكروب (جسم غريب)
يحمل على سطحه أنتيجينات

التهام / معالجة → الخلايا البلعمية الكبيرة

مركب الأنتيجين وبروتين التوافق النسيجي والذي ترتبط به $T_H$ عن طريق مستقبلاتها CD4 فتتحول إلى "$T_H$ نشطة"

تحمل على سطحها مستقبلات CD4 → تتحول إلى $T_H$ نشطة

تفرز → إنترليوكينات → تمايز / تنشط → $T_H$ → تتمايز إلى: $T_H$ ذاكرة، $T_H$ نشطة (CD4)

تبقى في الدم لفترات طويلة لتتعرف على نفس الأنتيجين عند دخوله الجسم مرة أخرى

$T_H$ نشطة → تفرز → سيتوكينات → تنشط:
- الخلايا البلعمية الكبيرة
- B → تفرز → أجسام مضادة
- Ts → تفرز → إنزيمات للقضاء على الخلايا السرطانية والخلايا المصابة بالفيروسات
- Tc (تحمل على سطحها مستقبلات CD8) → تفرز:
  - بيرفورين: يعمل على تثقيب غشاء الجسم الغريب
  - سموم ليمفاوية: تعمل على تنشيط جينات معينة في أنوية الخلايا المصابة مما يؤدي إلى تفتت نواتها وبالتالي موتها

تنشط → تجذب الخلايا البلعمية الكبيرة بأعداد غفيرة إلى مكان الإصابة

تفرز الخلايا $T_H$ النشطة (إنترليوكينات) والتي تحفز الخلايا البائية المرتبطة بالأنتيجينات على الإنقسام إلى B بلازمية و B ذاكرة

ارتباط B مع الأنتيجين عن طريق المستقبلات → المركب الناتج من ارتباط الأنتيجين مع بروتين التوافق النسيجي MHC

B → تتحول إلى → B بلازمية → تنتج → أجسام مضادة → ترتبط بـ → الأنتيجينات على سطح الكائن الممرض
- مما يؤدي إلى → تنشيط الخلايا البلعمية الكبيرة لالتهام الميكروب
- مما يؤدي إلى → تنشيط سلسلة المكملات لتحليل أنتيجينات الكائن الممرض وإذابة محتوياته

B → B ذاكرة → مناعة أولية: تبقى في الدم لفترات طويلة (20 : 30 سنة) لتتعرف على نفس نوع الأنتيجين عند دخوله الجسم مرة أخرى

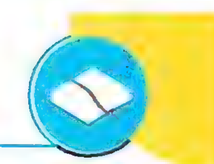
مناعة ثانوية → B بلازمية: تنقسم وتتمايز إلى خلايا بلازمية تفرز أجساما مضادة لنفس الميكروب عند دخوله الجسم في المرة الثانية

Ts: ترتبط بـ $T_H$, B, Tc وتحفزها لإفراز ليمفوكينات والتي تثبط عمل كل من $T_H$, B, Tc بعد القضاء على الميكروب

**مناعة خلطية بالأجسام المضادة**: الاستجابة المناعية التي تقوم خلالها الخلايا الليمفاوية B بالقضاء على الكائن الممرض

**مناعة خلوية بالخلايا الوسيطة**: الاستجابة المناعية التي تقوم بها الخلايا التائية بواسطة مستقبلاتها

التفوق
يغنيك عن تعدد المصادر



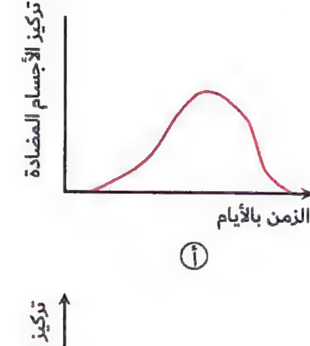


## أسئلة الأداء الذاتي:

٨ "مـرض الخنـاق Diphtheria" مـرض تنفسي يسـببه نـوع مـن البكتيريـا الشرسـة الـتي تفـرز سـموما قويـة تنتقـل إلى الـدم مسـببة تلـف أعضـاء الجسـم المختلفـة واختنـاق المريـض أثنـاء التنفـس، في ضـوء ذلـك، أي البدائـل التاليـة تعتـبر أفضـل وسـيلة لحمايـة هـذا المريـض مـن المضاعفـات بعـد انتقـال المـرض إليـه مـن رذاذ شـخص آخـر مصـاب ؟

(أ) حقن المريض بالأجسام المضادة المتخصصة ضد سموم هذه البكتيريا
(ب) حقن المريض بالمكملات المصنعة بتقنية DNA معاد الاتحاد
(ج) حقن المريض بتطعيم يحتوي على البكتيريا في صورة مضعفة
(د) نقل دم يحتوي على خلايا بائية متخصصة ضد هذه البكتيريا

٩ أي البدائـل التاليـة تعـبر عـن الاسـتجابة المناعيـة في جسـم فتـاة تعرضـت للإصابـة بفـيروس الالتهـاب الكبـدي B بعـد مـرور عـام على تلقيهـا اللقـاح الكامـل ضـد الفـيروس ؟



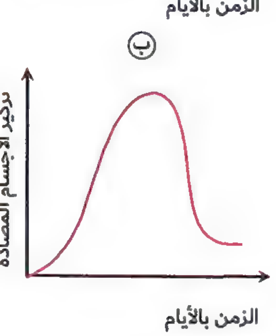
(أ)



(ب)



(ج)

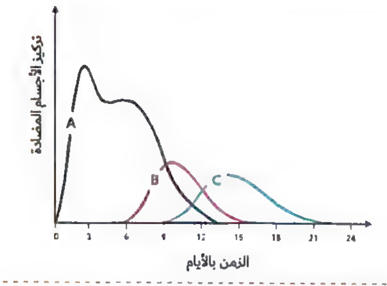


(د)

١٠ الشـكل المقابـل يعـبر عـن الاسـتجابة المناعيـة نتيجـة إصابـة ثلاثـة أشـخاص بأحـد الكائنـات الممرضـة في نفـس الوقـت، ادرسـه جيـدًا ثم أجب :

ما الذي يمكن استنتاجه من دراسة الشكل البياني السابق ؟

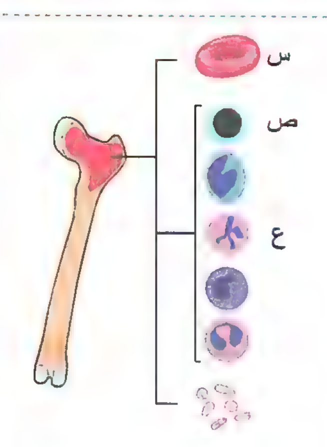
(أ) تركيز الأجسام المضادة في C منخفض بسبب إصابته بعدوى فيروسية
(ب) تظهر أعراض المرض على الشخص C بينما لا تظهر على الشخص B
(ج) الشخص B سبق له تناول اللقاح الخاص بالميكروب الذي أصيب به
(د) الاستجابة المناعية في A تعتمد على خلايا الذاكرة البائية والتائية



11 إذا علمت أن بروتين التوافق النسيجي MHC يوجد منه نوعان :

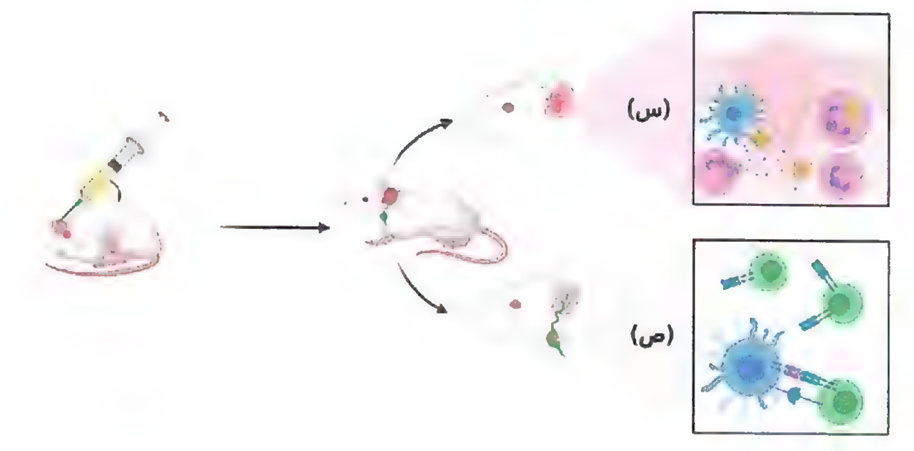
- $MHC_1$ : يوجد في الخلايا الجسدية الناضجة.
- $MHC_2$ : يوجد في الخلايا العارضة للأنتيجين.

فأي البدائل التالية تعبر عن نوع بروتين التوافق النسيجي الموجود في الخلايا (س)، (ص)، (ع) بالشكل المقابل ؟




| | (س) | (ص) | (ع) |
|---|---|---|---|
| أ | $MHC_1$ | $MHC_1$, $MHC_2$ | $MHC_1$ |
| ب | لا يوجد | $MHC_2$ | $MHC_1$ |
| ج | $MHC_1$ | $MHC_2$ | $MHC_2$ |
| د | لا يوجد | $MHC_1$ ، $MHC_2$ | $MHC_1$ |

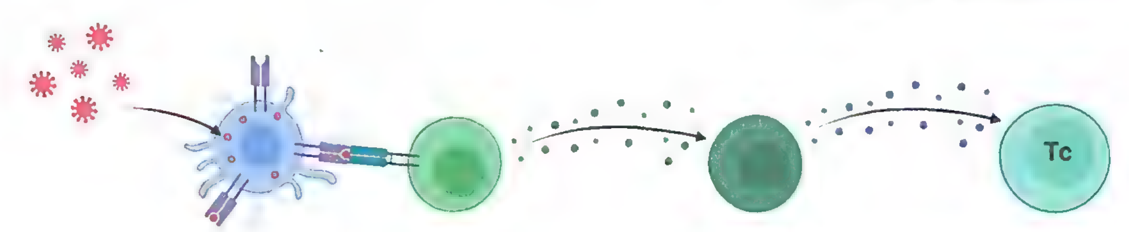
12 الشكل المقابل يعبر عن نتيجة حقن أحد فئران التجارب بنوع معين من البكتيريا، ادرسه جيدًا ثم أجب :
أي العبارات التالية صحيحة ؟



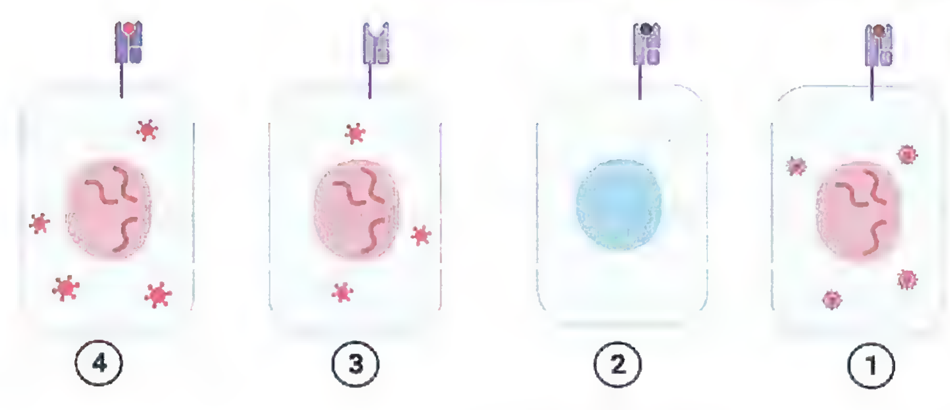

أ الاستجابة المناعية (س) تعتمد على الاستجابة النوعية للأنتيجينات
ب الاستجابة المناعية (ص) تحمي الفأر من الإصابة بنفس البكتيريا مستقبلاً
ج الاستجابة المناعية (س) تلي الاستجابة المناعية (ص) بفترة زمنية قصيرة
د الاستجابة المناعية (ص) متخصصة ضد البكتيريا الموجودة خارج الخلايا فقط



١٣ ادرس الشكل المقابل جيدًا ثم أجب :



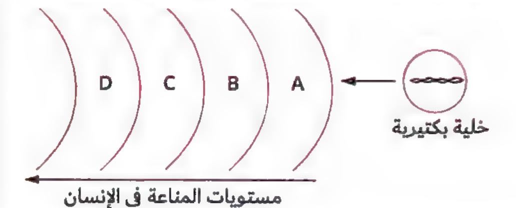

أي الخلايا التالية تتأثر نتيجة حدوث العملية الموضحة بالشكل السابق ؟




Ⓐ الخلية (١) والخلية (٤)
Ⓑ الخلية (١) والخلية (٢)
Ⓒ الخلية (٣) والخلية (٤)
Ⓓ الخلية (٤) فقط

---

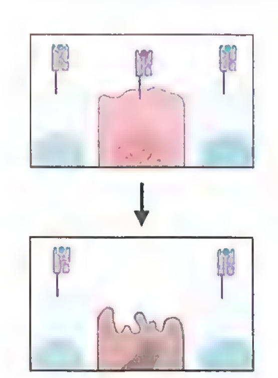
١٤ أي مما يلي يوجد في مستوى المناعة (C) فقط ؟




Ⓐ الإنترفيرونات
Ⓑ الأجسام المضادة
Ⓒ الهيستامين
Ⓓ الليمفوكينات

---

١٣ حدوث العملية الموضحة بالشكل المقابل يتطلب ..........



Ⓐ زيادة نشاط الريبوسومات داخل الخلايا البلازمية في الأنسجة
Ⓑ زيادة نشاط جينات البيرفورين داخل الخلية CD4
Ⓒ زيادة نشاط الليسوسوم داخل الخلايا البلعمية الكبيرة
Ⓓ زيادة نشاط جينات السموم الليمفاوية داخل الخلية CD8




# البيولوجيا الجزيئية

الفصل 1 الحمض النووي DNA والمعلومات الوراثية

الفصل 2 الأحماض النووية وتخليق البروتين

# الفصل الأول 1

# الحمض النووي DNA والمعلومات الوراثية

## أهداف الفصل

في نهاية هذا الفصل ينبغي أن يكون الطالب قادرًا على أن

- يتعرف دور العلماء في معرفة مادة الوراثة.
- يتعرف تركيب الحمض النووي DNA.
- يتعرف كيفية تضاعف DNA وأهمية ذلك بالنسبة للخلايا.
- يقدر دور العلماء في التوصل إلى تركيب لولب DNA وتضاعفه.
- يستنتج الفروق بين DNA في أوليات وحقيقيات النواة.
- يتخيل طول DNA وكيف يتم تكثيفه ليشغل حيزاً
- صغيراً بالنواة. يتعرف تركيب المحتوى الجيني.
- يتعرف الطفرات وأنواعها.
- يكتشف أسباب الطفرة ونواتجها.

الدرس 1 جهود العلماء لمعرفة المادة الوراثية للكائن الحي

الدرس 2 الحمض النووي DNA

الدرس 3 تابع الحمض النووي DNA

## أهم المفاهيم

- البيولوجيا الجزيئية
- الجينات.
- التحول البكتيري.
- البوليمرات.
- أوليات النواة.
- حقيقيات النواة.
- الكروماتين.
- النيوكليوسومات.
- المحتوى الجيني.
- DNA المتكور.

الفصل 1 الدرس الأول

# جهود العلماء لمعرفة المادة الوراثية للكائن الحي

## التمهيد

✦ هل تساءلت يومًا: ما الخصائص التي تجعلك مميزًا عن زملائك في المدرسة ؟ قد يكون شعرك المجعد أو لون بشرتك أو لون عينيك. هل شاركك أحد أفراد عائلتك هذه الصفات ؟ أُنظر من حولك، ما الصفات التي يتقاسمها أفراد العائلات الأخرى ؟ هناك عدد كبير من العائلات الحيوانية - أيضا - مثل الدببة والبوم والذئاب والخنازير والكثير غيرها، لماذا يتشابه أفراد كل عائلة من هذه العائلات ؟

- يتساءل كل والدين ينتظران مولودًا جديدًا كيف سيبدو طفلهما. هل سيكون صبيًّا أم فتاة ؟ هل سيشبه أنفه أنف أبيه أم أمه ؟ هل سيكون لون عينيه أزرقَ أم بنيًّا ؟ هل سيولد بصحة جيدة ؟

- في الماضي، ما كان للوالدين سوى أن يتوقعا الإجابات عن هذه الأسئلة.
- أما اليوم، فأصبحا يملكان كمًّا من المعلومات تساعدهما على توقع بعض الصفات التي قد يحملها طفلاهما وذلك من خلال أحد مجالات العلوم الحديثة والذي يسمى «علم البيولوجيا الجزيئية Molecular Biology».

**علم البيولوجيا الجزيئية**

أحد مجالات العلم الحديث الذي يهتم بدراسة الأساس الجزيئي للوراثة DNA وهو يتقدم بسرعة كبيرة جدًا.

والآن تعالوا نتعرف معًا على بعض المفاهيم الهامة قبل التعمق قليلًا في بعض فروع هذا العلم الرائع !

✪ يمكن تقسيم الكائنات الحية إلى نوعين أساسيين هما:

1. أوليات النواة: تكون مادتها الوراثية غير محاطة بغشاء نووي يفصلها عن السيتوبلازم، مثل: البكتيريا.
2. حقيقيات النواة: تكون مادتها الوراثية محاطة بغشاء نووي يفصلها عن السيتوبلازم والعضيات الخلوية، مثل: خلايا الإنسان.

✪ تحتوي خلايا حقيقيات النواة على نواة يوجد بداخلها المادة الوراثية في صورة كروماتين أو كروموسومات حسب الوضع الانقسامي للخلية كالتالي:

| | في الوضع الطبيعي (غير الانقسامي) | في الوضع الانقسامي للخلية |
|---|---|---|
| التوضيح | تتواجد المادة الوراثية في صورة شبكة متداخلة من الحمض النووي DNA ومجموعات مختلفة من البروتينات تعرف مجتمعة بـ«الكروماتين». | تنتظم المادة الوراثية في صورة أجسام عصوية يمكن رؤيتها تحت الميكروسكوب بعد صبغها بصبغة خاصة في صورة أجسام ملونة تعرف بـ«الكروموسومات أو الصبغيات» وتكون أكثر وضوحًا في الطور الاستوائي أثناء انقسام الخلية. |
| الشكل | كروماتين<br>جسم مركزي (سنتريولان) | الكروموسومات (الصبغيات) |

## التركيب الكيميائي للكروموسومات

✪ استطاع العلماء عزل الكروموسومات من الخلايا المختلفة وتحليلها للتعرف على تركيبها الكيميائي ودراسة خصائصها بواسطة عدة طرق مختلفة نستنتج منها ما يلي:

تتكون الكروموسومات من وحدات بنائية كبيرة تعرف بـ"البوليمرات" يتكون كل منها من ارتباط عدة وحدات بنائية أصغر تعرف بـ(المونيمرات)، وهي أحد مركبين أساسيين هما:

1. **الحمض النووي DNA** (بوليمر) يتكون من ارتباط عدد كبير من النيوكليوتيدات (مونيمر).
2. **البروتين** (بوليمر) يتكون من ارتباط عدد كبير من الأحماض الأمينية (مونيمر).

✪ وقد لاحظ العلماء أن كل تتابع معين من الوحدات البنائية على الكروموسومات يتحكم في إظهار صفة وراثية معينة مثل صفة لون العيون والتي تنتقل من جيل لآخر وقد أطلق العلماء على هذه الوحدات مصطلح «الچينات».

**الچين**

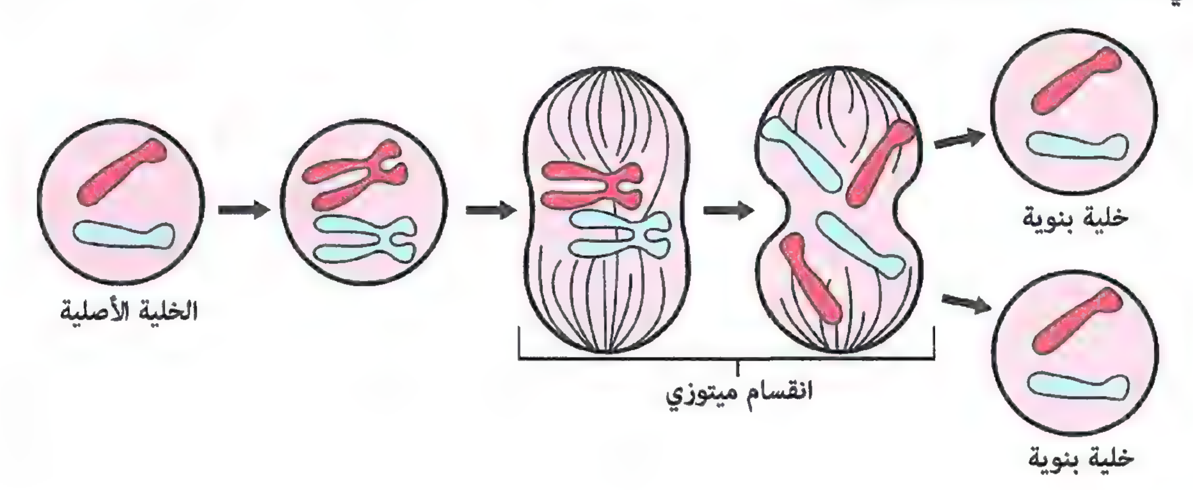
تتابع من النيوكليوتيدات على الحمض النووي مسئول عن إظهار صفة وراثية معينة عن طريق تصنيع بروتين محدد مثل جين تكوين هرمون الإنسولين.

كروموسوم
نواة
خلية حقيقية النواة
بروتين
DNA
چين

التركيب الكيميائي للمادة الوراثية

✪ اعتقاد العلماء أن الصبغيات هي التي تحمل المعلومات الوراثية ... فسر ؟

- لأنه أثناء الانقسام الميتوزي للخلية تنفصل الصبغيات إلى مجموعتين متماثلتين بحيث يصبح لكل خلية ناشئة عن الانقسام نفس عدد الصبغيات الموجودة في الخلية الأصلية وهذا دليل على أن الصبغيات هي التي تحمل المعلومات الوراثية.




✪ نستنتج مما سبق أن المادة الوراثية تنتظم في صورة كروموسومات تتكون من مزيج من البروتينات والحمض النووي DNA وكل تتابع من هذه الوحدات ينتج عنه جين معين مسئول عن إظهار صفة خاصة به. من هنا بدأ العلماء يسألون أنفسهم أي أجزاء الكروموسومات (البروتينات أم الأحماض النووية) هي التي تحمل المعلومات الوراثية وتنتقل من خلالها من جيل لآخر ؟

- وللإجابة على هذا السؤال قام العلماء بالعديد من التجارب والأبحاث في محاولة لترجيح أحدهما على الآخر على النحو التالي:

✦ كان يعتقد أن البروتين هو المادة الوراثية وليس DNA في بادئ الأمر .. فسر ؟

وذلك للأسباب التالية:

| البروتينات | DNA |
| --- | --- |
| يدخل في تركيبها ٢٠ نوع من الأحماض الأمينية المختلفة، والتي تتجمع معًا بطرق مختلفة لتعطي عددًا لا حصر له من المركبات البروتينية المختلفة بما يتناسب مع تنوع الصفات الوراثية. | يدخل في تركيبه ٤ نيوكليوتيدات فقط. |

✦ في أربعينات القرن الماضي ظهر خطأ هذا الاعتقاد وأثبتت الأدلة أن المادة الوراثية هي DNA وليس البروتين مما أدي إلى قيام العلماء بدراسة الأساس الجزيئي للوراثة والذي يطلق عليه عادةً اسم البيولوجيا الجزيئية.

## الأدلة على أن DNA هو المادة الوراثية

1. التحول البكتيري Bacterial transformation
2. لاقمات البكتريا (البكتيريوفاج) Bacteriophages
3. كمية DNA في الخلايا The amount of DNA in cells

والتي تتمثل في :

- تجربة العالم جريفث Griffith
- العالم افري Avery وزملاؤه
- التجربة الحاسمة

**وفيما يلي تفصيل ذلك:**

## ١ التحـــول البكتيـــري Bacterial transformation

### تجربة (١) تجربة العالم جريفث Griffith

- في القرن العشرين تفشى مرض الالتهاب الرئوي في لندن وكان الطبيب البريطاني جريفث من أوائل الباحثين عن آلية حدوث هذا المرض في محاولة لاكتشاف علاج أو لقاح مناسب.
- عام ١٩٢٨م قام جريفث بدراسة سلالتين من البكتيريا المسببة للالتهاب الرئوي على الفئران ويمكن المقارنة بينهما كالتالي:

| سلالة البكتيريا S | سلالة البكتيريا R |
|---|---|
| ناعمة الملمس Smooth | خشنة الملمس Rough |
| تحيط نفسها بغلاف عازل يحميها من مهاجمة خلايا الدم البيضاء لها | لا تستطيع إحاطة نفسها بغلاف عازل لذا يسهل بلعمتها بواسطة خلايا الدم البيضاء |
| تسبب التهاب رئوي حاد يؤدي إلى موت الفئران. | تسبب التهاب رئوي فقط ولا ينتج عنها موت الفئران. |
| | |

## خطوات التجربة:

| | الخطوة الأولى | الخطوة الثانية | الخطوة الثالثة | الخطوة الرابعة |
|---|---|---|---|---|
| الحقن | حقن مجموعة من الفئران بسلالة بكتيريا (S). | حقن مجموعة من الفئران بسلالة بكتيريا (R). | حقن مجموعة من الفئران بسلالة بكتيريا (S) سبق قتلها حراريًا. | حقن مجموعة من الفئران بسلالة بكتيريا (S) سبق قتلها حراريًا مع سلالة بكتيريا (R) حية. |
| الأشكال التوضيحية | سلالة البكتيريا (S) «المميتة» | سلالة البكتيريا (R) «غير المميتة» | سلالة البكتيرية (S) مقتولة حراريًا | سلالة البكتيريا (S) مقتولة حراريًا + سلالة البكتيريا (R) |
| المشاهدة | إصابة الفئران بالالتهاب الرئوي الحاد ثم موتها. | إصابة الفئران بالالتهاب الرئوي وعدم موتها. | عدم موت الفئران. | موت بعض الفئران وعند فحص تلك الفئران الميتة وجد بها بكتيريا (S) حية. |
| الاستنتاج | المادة الوراثية الخاصة بسلالة البكتيريا (S) انتقلت إلى داخل سلالة البكتيريا (R) فتحولت إلى سلالة (S) المميتة وأطلق جريفث على هذه الظاهرة اسم «التحول البكتيري». | | | |
| قصور نتائج التجربة | عجز جريفث عن تفسير انتقال المادة الوراثية من البكتيريا (S) إلى البكتيريا (R). | | | |

### التحول البكتيري

تحول سلالة البكتيريا (R) غير المميتة إلى سلالة البكتيريا (S) المميتة نتيجة انتقال المادة الوراثية إليها.

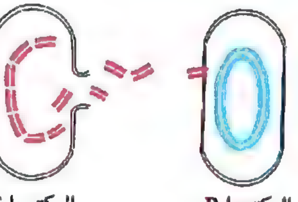
## تجربة (٢) العالم إفري Avery وزملاؤه

| | |
|---|---|
| الخطوات | ① قام إفري وزملاؤه بعزل مـــادة التحـــول البكـتيـــري التي تسببت في تحول سلالة البكتيريا (R) إلى ســـلالة البكتيريـــا (S) المميتة.<br>② قاموا بتحليل مـادة التحـول البكـتيـري. |
| الاستنتاج | مادة التحول البكتيري ظاهريًا هي DNA. |

### التفسير العام للتحول البكتيري

سلالـــة البكتيـــريا (R) قـد امتصـت DNA الخـاص بسـلالة البكتيـــريا (S) –وذلـك بطريقـة غير معروفـة حتـى الآن– فاكتســبت خصائصهـا .







### الاعتراض على أن DNA هو المادة الوراثية

الجـزء مـن DNA الـذي سـبب التحـــول البكـتيـــري لـم يكـن نقيًـا تمامًـا؛ لأنــه كان يحمـل كميـة مـن البروتيـن يحتمـل أن تكـون السـبب فـي إحـداث هـذا التحـول.

## تجربة (٣) التجربة الحاسمة

| | |
|---|---|
| الخطوات | ① تــم معاملة المادة النشـــطة المنتقلـــة (DNA + البروتينات) المســـئولة عن التحـــول البكتيري بإنزيم دي أكســـي ريبونيوكليـــز (Deoxyribonuclease) الذي له القـــدرة على تحليل جزيء DNA تحليلاً كامـــلًا، ولا يؤثر علـــى البروتينات أو RNA.<br>② تم نقل المادة إلى سلالة البكتيريا (R) غير المميتة. |
| المشاهدة | لم تتحول سلالة البكتيريا (R) غير المميتة إلى سلالة البكتيريا (S) المميتة. |
| التفسير | تتوقف عملية التحول البكتيري نتيجة لغياب مادة DNA التي تحللت. |
| الاستنتاج | DNA هو المادة الوراثية وليس البروتين. |

### أسئلة الأداء الذاتي:

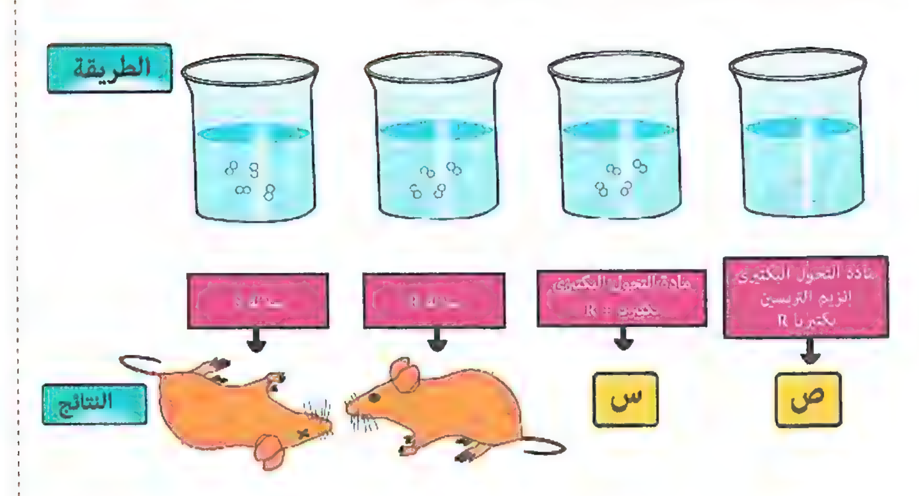
① بعد دراسة الشكل التالي :



ما تفسيرك لعدم ظهور أعراض الالتهاب الرئوي على الفأر الموضح بالشكل ؟
(أ) حقن الفأر ببكتيريا من السلالة R غير المميتة لم يسبق له الإصابة بها
(ب) حقن الفأر ببكتيريا من السلالة S غير المميتة التي سبق له الإصابة بها
(ج) حقن الفأر ببكتيريا من السلالة S حدث لها تحول بكتيري إلى السلالة R
(د) حقن الفأر ببكتيريا من السلالة R غير المميتة التي سبق له الإصابة بها

٢ في الشكل التالي، ما المتوقع حدوثه للفأرين (س) و(ص) بناءً على خلاصة تجربة جريفيث ؟

Ⓐ يعيش (س) ويموت (ص)
Ⓑ يموت (س) ويعيش (ص)
Ⓒ يعيش كلا الفأرين
Ⓓ يموت كلا الفأرين

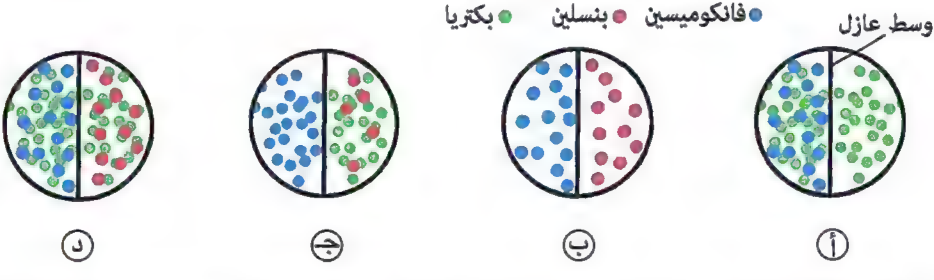



٣ أجريت تجربة معملية على سلالتين مختلفتين من البكتيريا :

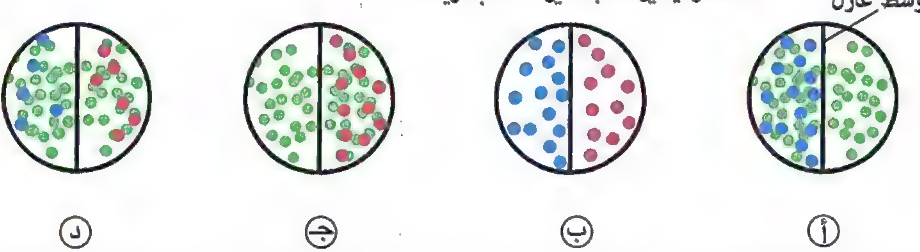
- البكتيريا (A) : لها القدرة على تكوين إنزيم يحلل المضاد الحيوي البنسلين.
- البكتيريا (B) : لها القدرة على تكوين غلاف بروتيني يمنع وصول المضاد الحيوي الفانكوميسين إليها.
- عوملت كل منهما بعوامل محددة تسمح بتبادل الجينات الخاصة بالمضادات الحيوية بينهما عن طريق التحول البكتيري، وتم عزل عينات مختلفة من البكتيريا وزراعتها في وسط ملائم (أطباق زراعة البكتيريا) لدراسة تأثير التغير الوراثي على صفات البتكيريا.

في ضوء ذلك أجب عما يأتي :

(١) أي البدائل التالية تمثل النتيجة المتوقعة عند زراعة البكتيريا (A) على وسط (طبق) الزراعة ؟




(٢) أي البدائل التالية تمثل النتيجة المتوقعة عند زراعة البكتيريا الناتجة من التحول البكتيري على وسط (طبق) الزراعة ؟



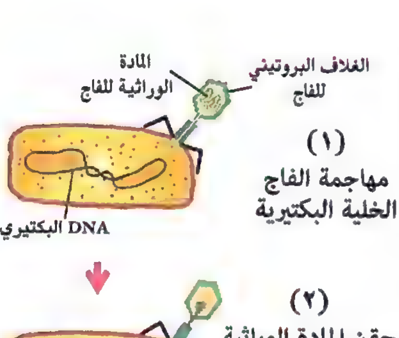
## ٢ لاقمات البكتريا (البكتيريوفاج - الفاج) Bacteriophages

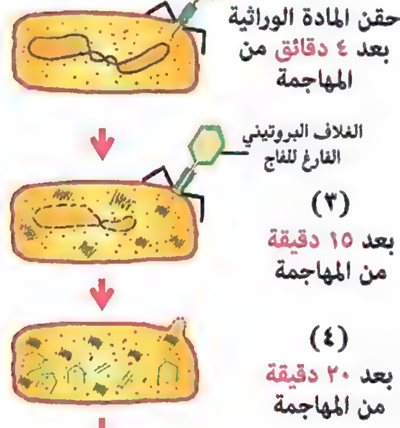


تركيب البكتيريوفاج

- **التصنيف:** ڤيروس متطفل (لا ينتمي لأوليات النواة أو حقيقيات النواة).
- **المحتوى الوراثي:** محتواه الوراثي عبارة عن DNA مزدوج في معظم الأنواع.
- **التركيب:** يتركب من مادة وراثية محاطة بغلاف بروتيني في صورة رأس وذيل حلزوني يمتد منه قطعة ذيلية مدببة لأسفل تساعده في مهاجمة الخلايا البكتيرية والتكاثر بداخلها.
- **الأهمية البيولوجية:** استخدمه بعض علماء البيولوجيا الجزيئية لإثبات أن الحمض النووي هو المادة الوراثية وليس البروتين في بعض التجارب التي أجريت على البكتيريا.

### مراحل تكاثر البكتيريوفاج داخل الخلية البكتيرية:




(٦)
بعد ٣٢ دقيقة
تنفجر الخلية البكتيرية وينطلق الفاج الجديد

| المرحلة | الوصف |
|---|---|
| الالتصاق (مهاجمة الفاج للخلية البكتيرية) | • يهاجم الڤيروس الخلية البكتيرية ويتصل بها عن طريق الذيل.<br>• يفرز الذيل إنزيمات محللة تذيب جدار الخلية البكتيرية وتصنع بها ثقوب. |
| حقن المادة الوراثية (بعد ٤ دقائق من المهاجمة) | • تنفذ المادة الوراثية للڤيروس داخل الخلايا البكتيرية.<br>• يؤثر الفيروس على المادة الوراثية للخلية البكتيرية ويسخرها لمضاعفة مادته الوراثية باستخدام إنزيمات الخلية البكتيرية أو يجبرها على تصنيع إنزيماته. |
| تضاعف المادة الوراثية للفيروس (بعد ١٥ دقيقة من المهاجمة) | • يدمر الڤيروس المادة الوراثية الخاصة با لبكتير يا .<br>• تتضاعف أعداد المادة الوراثية الخاصة با لڤير و س . |
| تكوين الغلاف البروتيني الخاص بالفيروس (بعد ٢٠ دقيقة من المهاجمة) | • يوجه الڤيروس الخلية البكتيرية لاستخدام جيناته في تصنيع غلاف بروتيني خاص به. |
| الانفجار (بعد ٣٢ دقيقة من المهاجمة) | • تنفجر الخلية البكتيرية ويتحرر منها حوالي ١٠٠ ڤيروس جديد مكتمل التكوين استعدادا لإصابة خلية بكتيرية جديدة. |

- **الاستنتاج:** انتقال مادة (أو مجموعة مواد) تحتوي على چينات الڤيروس منه إلى الخلية البكتيرية تحفزها على تكوين فيروسات جديدة مكتملة التكوين خلال فترة زمنية قصيرة.

## تجربة العالمين هيرشي وتشيس Hershy and Chase

استغل العالمان هيرشي وتشيس بعض الحقائق العلمية لإجراء تجربتهما:

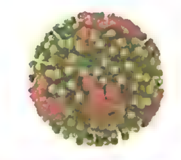
- DNA: يدخل في تركيب الفوسفور ولا يدخل في تركيبه الكبريت.
- البروتين: قد يدخل في تركيبه الكبريت ولا يدخل في تركيبه الفوسفور.
- خطوات التجربة:

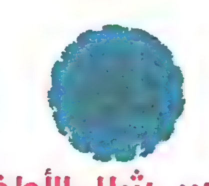
| | الخطوة الأولى | الخطوة الثانية |
|---|---|---|
| الترقيم | قاما بترقيم DNA الفيروسي بالفوسفور المشع وسمحا لهذا الفيروس بمهاجمة البكتيريا. | قاما بترقيم البروتين الفيروسي بالكبريت المشع وسمحا لهذا الفيروس بمهاجمة البكتيريا. |
| الأشكال التوضيحية | DNA المشع – بكتريا – فيروس الفاج | البروتين المشع – بكتريا – فيروس الفاج |
| الكشف | قاما بالكشف عن الفوسفور المشع داخل وخارج الخلية البكتيرية. | قاما بالكشف عن الكبريت المشع داخل وخارج الخلية البكتيرية. |
| المشاهدة | كل الفوسفور المشع تقريبًا قد انتقل إلى داخل الخلية البكتيرية، دليل على وصول كل DNA الفيروسي تقريبًا. | أقل من ٣٪ من الكبريت المشع قد انتقل إلى داخل الخلية البكتيرية دليل على عدم وصول أغلب البروتين الفيروسي. |
| الاستنتاج | • DNA الفيروسي يدخل إلى الخلية البكتيرية ويدفعها إلى بناء فيروسات جديدة.<br>• DNA هو المادة الوراثية وليس البروتين. | |

- مما سبق نستنتج من تجارب التحول البكتيري والتجارب التي أجريت على الفاج أن الجينات على الأقل الخاصة بسلالات بكتيريا الالتهاب الرئوي وفيروسات الفاج تتكون من DNA.
- ونلاحظ أن هذه الاستنتاجات قصرت على الكائنات الحية التي أجريت عليها هذه التجارب..

، والسؤال الآن: هل كل الكائنات الحية محتواها الجيني DNA ؟

والإجابة: بالنفي؛ لأن هناك بعض الفيروسات (مثل: فيروس الإنفلونزا، وشلل الأطفال، والإيدز، والكورونا) لا يدخل DNA في تركيبها بل ثبت أن RNA هو المادة الوراثية في هذه الفيروسات، إلا أن هذه الفيروسات بالتأكيد تشذ عن القاعدة حيث إنها تكون جزءً صغيرًا من صور الحياة، ولكن كل الدراسات التي أجريت حتى الآن أكدت على أن DNA هو المادة الوراثية لمعظم الأحياء.


فيروس الإنفلونزا


فيروس شلل الأطفال



فيروس الإيدز


فيروس الكورونا

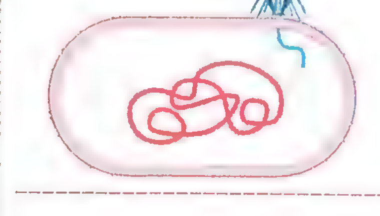
## ٣ كمية DNA في الخلايا The amount of DNA in cells

| | DNA | البروتين |
|---|---|---|
| الكمية داخل الخلايا الجسدية | كمية DNA متساوية في أنواع مختلفة من الخلايا الجسدية لنفس الكائن الحي مثل الدجاج. | كمية البروتينات غير متساوية في نفس الخلايا. |
| الكمية داخل الخلايا الجنسية (الأمشاج) | كمية DNA في خلايا الأمشاج تعادل نصف كمية DNA في الخلايا الجسدية لنفس الكائن الحي وحيث إن الفرد الجديد ينتج من اتحاد مشيج مذكر مع مشيج مؤنث يجب أن يحتوي كل مشيج على نصف المعلومات الوراثية. | لا ينطبق ذلك على البروتين حيث تختلف كمية البروتينات داخل الخلايا الجنسية عن الخلايا الجسدية وليس بالضرورة أن تحتوي على نصف كمية البروتينات الموجودة في الخلايا الجسدية. |
| عمليات الهدم والبناء | تركيبه ثابت بشكل واضح داخل الخلية (لا يتحلل). | يتم هدمها وإعادة بنائها باستمرار داخل الخلايا. |

### أسئلة الأداء الذاتي:

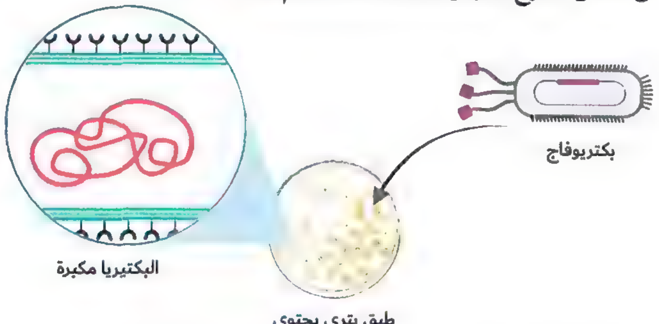
٤ من خلال دراستك للشكل المقابل،

يدل حدوث العملية الموضحة بالشكل على ..........

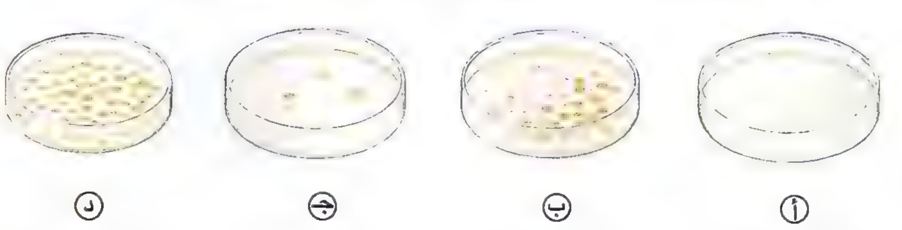


(أ) نجاح انتقال إنزيمات التضاعف من الفيروس إلى الخلية البكتيرية
(ب) وجود مستقبلات للفيروس على السطح الخارجي للخلية البكتيرية
(ج) تماثل المحتوى الوراثي الخاص بكل من الفيروس والخلية البكتيرية
(د) اكتمال عملية تضاعف DNA الفيروسي داخل الخلية البكتيرية

٥ في التجربة الموضحة بالشكل المقابل تم إضافة عدد من فيروسات البكتيريوفاج الموضحة بالشكل إلى طبق بتري يحتوي على عدد من البكتيريا من نفس النوع، ادرس الشكل جيدًا ثم أجب :




أي الأشكال التالية تعبر عن شكل الطبق البتري بعد مرور ساعتين من إضافة الفيروسات للوسط ؟



٦ الشكل المقابل يوضح نتيجة تجربة تم فيها إضافة عدد من فيروسات البكتيريوفاج التي سبق ترقيمها بالكبريت المشع والفوسفور المشع إلى طبق بتري يحتوي على خلايا بكتيرية متماثلة، ادرس الشكل جيدًا ثم أجب :

أي الأشكال التالية تعبر عن نسبة الفيروسات التي نجحت في التضاعف داخل البكتيريا والفيروسات التي لم تنجح في ذلك ؟

الكبريت المشع — الفسفور المشع

نسبة الفيروسات الناجحة
نسبة الفيروسات الفاشلة

| ⓓ | ⓒ | ⓑ | ⓐ |
| --- | --- | --- | --- |
| A | B | C | D |

٧ جميع العبارات التالية صحيحة ماعدا ..........

ⓐ كمية DNA متساوية في خلايا نفس النسيج للنوع الواحد
ⓑ كمية البروتين غير متساوية في خلايا نفس النسيج للنوع الواحد
ⓒ كمية DNA متساوية في خلايا نفس النسيج لأنواع مختلفة
ⓓ كمية DNA متساوية في خلايا الأنسجة المختلفة للنوع الواحد

٨ تتساوى كمية DNA في الخلايا الجنسية مع كمية DNA في الخلايا الجسدية في جميع الحالات التالية ماعدا ..........

ⓐ التوالد البكري الطبيعي في أنثى حشرة المن
ⓑ التكاثر الجنسي بالأمشاج في نبات الفوجير
ⓒ التوالد البكري الطبيعي في ملكة نحل العسل
ⓓ التكاثر الجنسي بالأمشاج في ذكر نحل العسل

# الفصل 5

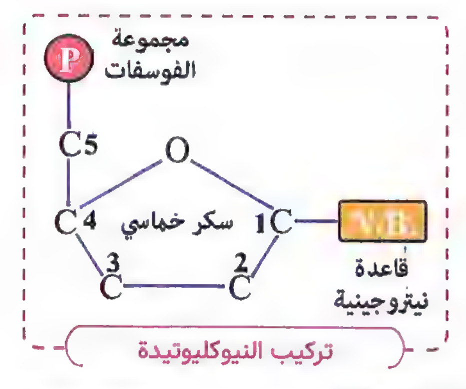
## الدرس الثاني
## الحمض النووي DNA (I)

### التمهيد

+ تعرفنا في الدرس السابق على محاولات العلماء المستمرة في التوصل لأصل تركيب المادة الوراثية في خلايا الكائنات الحية من خلال عدة تجارب علمية تقوم على مبدأ الشك وإثبات الحجة بالدليل.
ولكن منذ أوائل الخمسينات من القرن الماضي أصبح هناك أدلة قوية تكفي لاعتبار DNA يحمل المعلومات الوراثية الخاصة بالخلية.
+ وفي هذا الدرس نستكمل معا جهود العلماء للتعرف على تركيب DNA ووضع نموذج له وتحديد خصائصه وآلية عمله في إظهار الصفات الوراثية والمقارنة بين المحتوى الوراثي في أوليات النواة وحقيقيات النواة.

### تركيب DNA

+ تمكن العلماء من عزل الحمض النووي واستخدام آليات الطرد المركزي والتحليل البيوكيميائي لدراسة التركيب الكيميائي للحمض النووي DNA **ومن ذلك نستنتج أن:**
• DNA عبارة عن بوليمر يتكون من ارتباط عدد كبير من وحدات بنائية أصغر (مونيمرات) تسمى «نيوكليوتيدات».
• تتكون كل نيوكليوتيدة من سكر خماسي ومجموعة فوسفات وقاعدة نيتروجينية كالتالي:



تركيب النيوكليوتيدة

**سكر خماسي الكربون (سكر دي أكسي ريبوز)**

• مركب عضوي يتكون من ارتباط عناصر الكربون والهيدروجين والأكسجين.
• يوجد في صورة حلقة خماسية الشكل تتكون زواياها من ٤ ذرات كربون وذرة أكسجين.
• ترقم ذرات الكربون من (١) إلى (٥) في اتجاه عقارب الساعة.
• تمتد ذرة الكربون رقم (٥) خارج الحلقة الخماسية وترتبط بذرة الكربون رقم (٤) برابطة تساهمية.
• يختلف عن سكر الريبوز(سكر أحادي) في نزع ذرة أكسجين واحدة من ذرة الكربون رقم (٢) لذا يعرف الـDNA بالحمض النووي الريبوزي منقوص الأكسجين Deoxy-ribo-Nucleic-Acid.

**مجموعة فوسفات**

• مجموعة كيميائية سالبة الشحنة مشتقة من حمض الفوسفوريك $H_3PO_4$.
• ترتبط بذرة الكربون رقم (٥) في السكر الخماسي برابطة تساهمية.
• تكون مع جزيئات السكر نمطًا متبادلًا عرف فيما بعد بـ"هيكل السكر والفوسفات" في شريط DNA.

**قاعدة نيتروجينية**

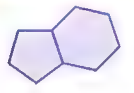
- مركب حلقي معقد غني بعنصر النيتروجين.
- ترتبط بذرة الكربون رقم (١) في السكر الخماسي برابطة تساهمية.
- تخـزن عليهـا المعلومـات الوراثيـة التـي يتـم ترجمتهـا إلـى صفـات مثـل صفـة لـون العيـون.

**ملحوظات**

- جزيئات الســكر والفوســفات متماثلة فــي جميع النيوكليوتيــدات، بينما تختلف القواعــد النيتروجينية مــن نيوكليوتيدة لأخرى وهذا الاختــلاف يعزي إليه اختــلاف الجينــات والمعلومات الوراثية مــن فرد لآخر.

✪ القواعد النيتروجينية التي تدخل في تركيب الأحماض النووية قد تكون أحد مشتقات:

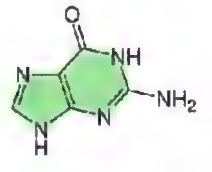


- ذات حلقتين (حلقة خماسية وحلقة سداسية).
- أكبر حجمًا.
- تشغل مساحة أكبر من تركيب DNA.
- أقل ثباتًا.

أمثلة

الأدنين A
(يدخل في تركيب DNA وRNA)



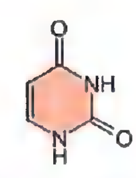
الجوانين G
(يدخل في تركيب DNA وRNA)

البريميدينات Pyrimidines

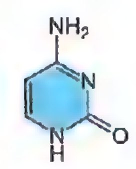
- ذات حلقة واحدة (حلقة سداسية).
- أقل حجمًا.
- تشغل مساحة أقل من تركيب DNA.
- أكثر ثباتًا.

أمثلة

الثايمين T
(يدخل في تركيب DNA فقط)



اليوراسيل U
(يدخل في تركيب RNA فقط)

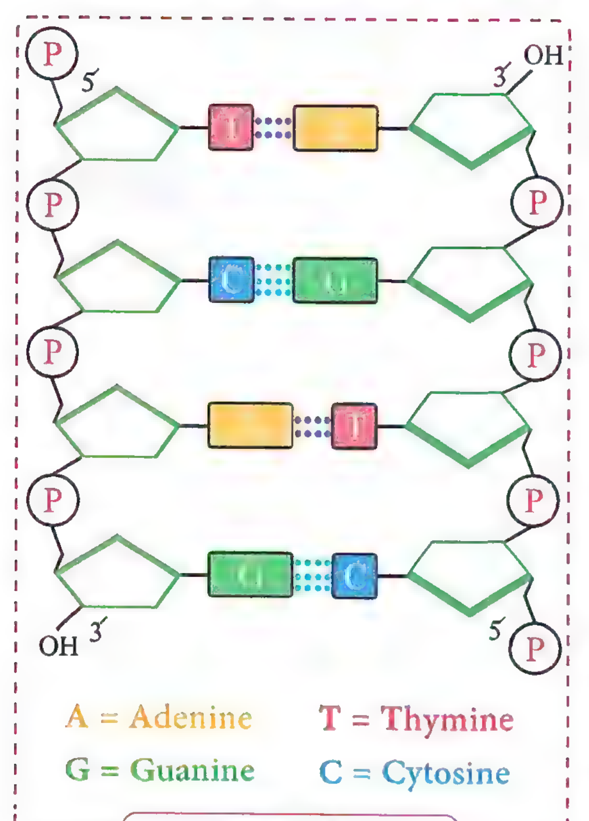


السيتوزين C
(يدخل في تركيب DNA وRNA)



## آلية ارتباط النيوكليوتيدات مع بعضها لتكوين DNA

**ترتبط النيوكليوتيدات ببعضها في شريط DNA كالآتي:**



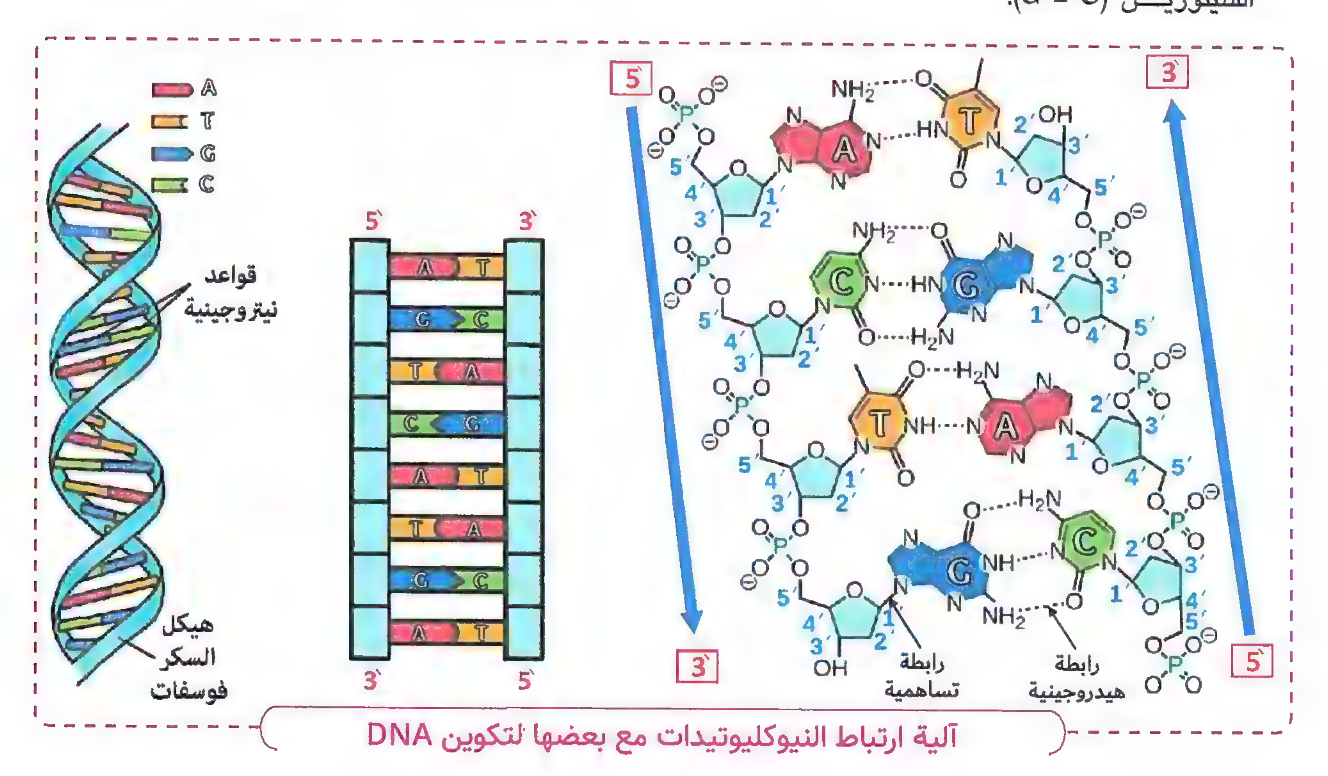
تركيب DNA

١. مجموعة الفوسفات المتصلة بذرة الكربون رقم (٥) في سكر إحدى النيوكليوتيدات ترتبط برابطة تساهمية بذرة الكربون رقم (٣) في النيوكليوتيدة التالية.، والتركيب الذي يتبادل فيه السكر والفوسفات يطلق عليه «هيكل سكر فوسفات».

٢. هيكل سكر فوسفات غير متماثل ... علل؟
لأن به مجموعة فوسفات حرة طليقة مرتبطة بذرة الكربون رقم (٥) في السكر الخماسي عند إحدى نهاياته، ومجموعة هيدروكسيل (OH) حرة طليقة مرتبطة بذرة الكربون رقم (٣) في السكر الخماسي عند النهاية الأخرى للهيكل.

٣. تبرز قواعد البيورين والبيريميدين على جانب واحد من هيكل سكر فوسفات.

٤. في كل جزيء DNA يكون عدد النيوكليوتيدات التي تحتوي على الأدنين مساوية لتلك التي تحتوي على الثايمين (A = T)، وعدد النيوكليوتيدات التي تحتوي على الجوانين مساوية لتلك التي تحتوي على السيتوزين (G = C).



آلية ارتباط النيوكليوتيدات مع بعضها لتكوين DNA

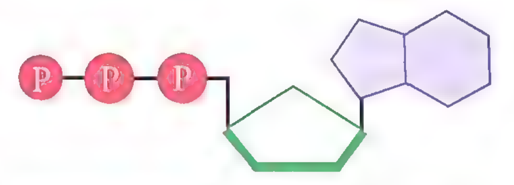
## ملحوظات

• يوجد في جزئ DNA نوعان من الروابط الكيميائية:

| روابط تساهمية | روابط هيدروجينية |
|---|---|
| روابط قوية صعبة الكسر. | روابط ضعيفة سهلة الكسر. |
| أكثر ثباتا. | أقل ثباتا. |
| توجد في شريط DNA بين:<br>• ذرة الكربون رقم (٥) في جزئ السكر الخماسي ومجموعة الفوسفات في النيوكليوتيدة المفردة.<br>• ذرة الكربون رقم (٣) في جزئ السكر الخماسي ومجموعة الفوسفات في النيوكليوتيدة التالية على الشريط.<br>• ذرة الكربون رقم (٣) في جزئ السكر الخماسي ومجموعة الهيدروكسيل الطرفية.<br>• ذرة الكربون رقم (١) في جزئ السكر الخماسي والقاعدة النيتروجينية.<br>• ذرات المركبات العضوية المكونة لأجزاء النيوكليوتيدة المختلفة مثل ذرات السكر الخماسي. | توجد في جزئ DNA بين:<br>• القاعدة النيتروجينية على أحد شريطي DNA (بيريميدينات) والقاعدة النيتروجينية على الشريط المقابل (بيورينات). |

• كل شريط من أشرطة DNA له نهايتان إحداهما توجد عند الطرف ´5 ترتبط بها مجموعة فوسفات حرة (طليقة) والأخرى توجد عند الطرف ´3 ترتبط بها مجموعة هيدروكسيل حرة (طليقة).

• يدخل الأدنين في تركيب جزيء الأدينوسين ثلاثي الفوسفات ATP (عملة الطاقة في الخلية).



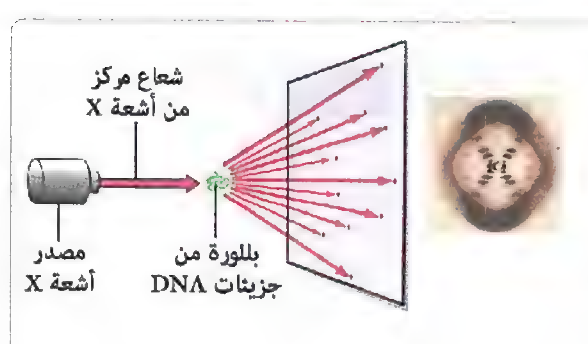

أدينين — سكر خماسي — ٣ مجموعات فوسفات

أدينوسين

AMP + $P_i$ → ADP + $P_i$ → ATP

## الدليــل المباشــر علــى تركيــب DNA (دراسات فرانكلين Franklin)

| | |
|---|---|
| الخطوات | ١ استخدمت فرانكلين تقنية أشعة X في الحصول على صور لبلورات من DNA عالي النقاوة.<br>٢ قامت بإمرار أشعة X خلال بلورات من جزيئات DNA ذات تركيب منتظم. |
| المشاهدة | حدوث تشتت لأشعة X وظهور طراز من توزيع نقط أعطى تحليلها معلومات عن شكل DNA . |
| الاستنتاج | • جزيء DNA ملتف على شكل حلزون أو لولب بحيث تكون القواعد متعامدة على طول الخيط.<br>• هيكل سكر فوسفات يوجد في الجهة الخارجية من اللولب والقواعد النيتروجينية توجد جهة الداخل.<br>• قطر اللولب يدل على أنه يتكون من أكثر من شريطDNA . |




- عام ١٩٥٢م نشـرت فرانكلين صـورًا للبلـورات من DNA عالـي النقـاوة أوضحـت فيهـا هـذه النتائـج.
- بدأ بعد ذلك ســباق رهيب بيــن العلماء لوضع المعلومــات المتاحة في صورة نمـــوذج Model لتركيب جزيء DNA، إلا أن أول مـــن تمكن من وضع نموذج مقبول لتركيب DNA كان العالمان الإنجليزيان واطســون وكريك.

### للاطلاع فقط

- توجد القواعد النيتروجينية جهة الداخل لأن طبيعتها الكيميائية تجعلها كارهة للماء وبالتالي تتجه بعيدًا عن المحلول المائي المحيط بالنواة في الخلية وتنغمس داخل تركيب اللولب الحلزوني.
- مفهوم حيود أشعة إكس: عند سقوط حزمة من فوتونات الأشعة على تركيب بللوري منتظم له أسطح مستوية تتصادم هذه الفوتونات مع الإلكترونات المكونة لذرات البللورة وتحيد عن مسارها ويمكن استقبالها على فيلم تصوير لتكوين صورة ثلاثية الأبعاد لكثافة الإلكترونات داخل البللورة.

## نموذج واطسون وكريك لتركيب جزيء DNA



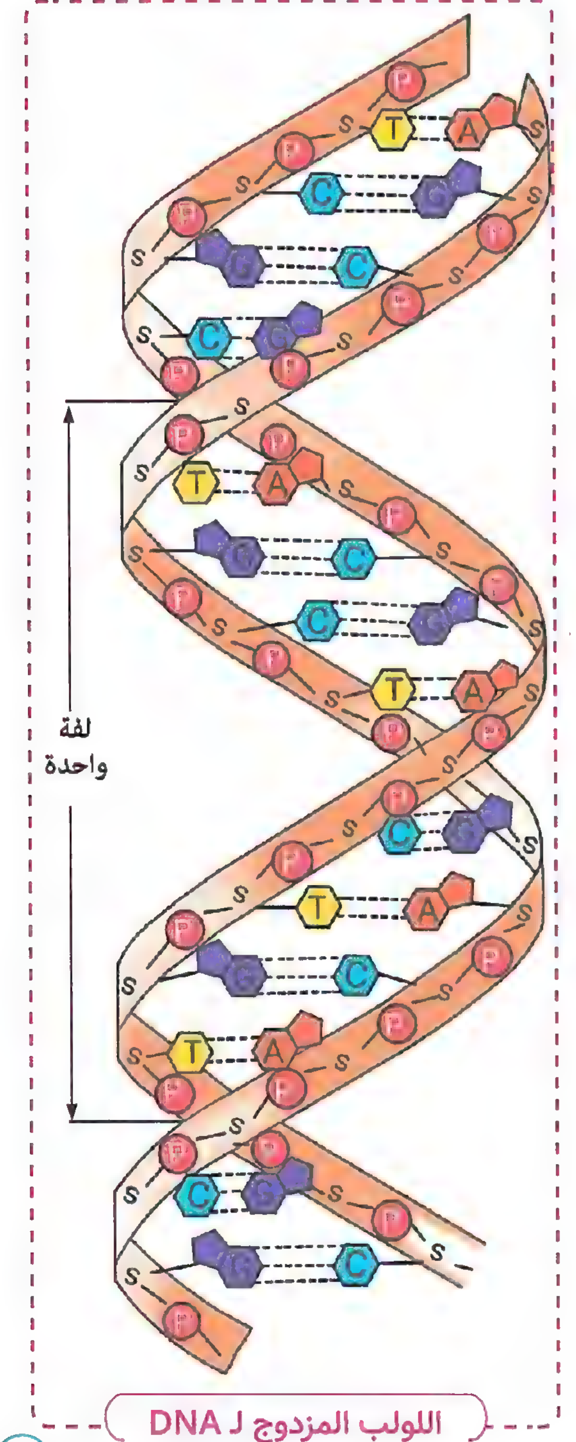

١ يتركب نموذج واطسون وكريك لتركيب DNA من شريطين يلتفان حول بعضهما ويسمي اللولب المزدوج ويرتبطان معًا كالسلم ... فسر؟
حيث:
- يمثل هيكل السكر والفوسفات جانبي السلم.
- تمثل القواعد النيتروجينية درجات السلم.

٢ عرض درجات السلم على امتداد DNA يكون متساويًا... علل؟
لأن شريطي DNA يكونان على نفس المسافة من بعضهما البعض؛ لأن كل درجة تتكون من ارتباط قاعدة نيتروجينية بريميدينية (ذات حلقة واحدة) مع قاعدة نيتروجينية بيورينية (ذات حلقتين)، حيث:
- يرتبط الأدنين (A) مع الثايمين (T) برابطتين هيدروجينيتين (A :::: T).
- يرتبط الجوانين (G) مع السيتوزين (C) بثلاث روابط هيدروجينية (G::::C).

٣ شريطا جزيء DNA متعاكسا الاتجاه ... علل؟
حيث يكون أحد الشريطين اتجاهه (5َ→3َ) بينما يكون الشريط المقابل اتجاهه (3َ→5َ) بمعنى أن مجموعة الفوسفات الطرفية المتصلة بذرة الكربون رقم (5) في السكر الخماسي في شريطي DNA تكون عند الطرفين المعاكسين حتى تتكون الروابط الهيدروجينية بين زوجي القواعد النيتروجينية المتكاملة بشكل سليم.

٤ يلتف (يجدل) سلم DNA حول نفسه ... علل؟
ليتكون لولب أو حلزون DNA لتقصير طوله بحيث يوجد 10 نيوكليوتيدات في كل لفة على الشريط الواحد.

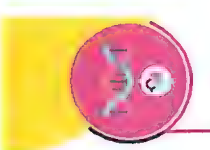
٥ يطلق على جزيء DNA «اللولب المزدوج» ... علل؟
لأنه عبارة عن شريطين يلتفان حول بعضهما البعض لتكوين لولب (حلزون).



اللولب المزدوج لـ DNA

## تطبيقات

- چين = قطعة DNA = لولب مزدوج = شريطان من DNA = جزيء DNA.
- عدد درجات السلم في DNA = عدد نيوكليوتيدات الشريط الواحد = عدد أزواج النيوكليوتيدات على الشريطين.
- عدد مجموعات الفوسفات الحرة الطليقة في حقيقيات النواة = عدد مجموعات الهيدروكسيل الحرة الطليقة = ٢ في كل جزيء.
- عدد مجموعات الفوسفات الحرة الطليقة في أوليات النواة = صفر
- عدد مجموعات الهيدروكسيل الحرة الطليقة في أوليات النواة = صفر.
- عدد النيوكليوتيدات = عدد القواعد النيتروجينية = عدد مجموعات الفوسفات = عدد جزيئات السكر الخماسي.
- عدد اللفات الموجودة في قطعة من DNA = $\frac{\text{عدد النيوكليوتيدات الموجودة في هذه القطعة}}{٢٠}$ .
- عدد اللفات الموجودة في شريط مفرد من DNA = $\frac{\text{عدد النيوكليوتيدات الموجودة في هذه الشريط}}{١٠}$ .
- عدد لفات الـDNA = $\frac{\text{طول DNA الشريط}}{\text{طول اللفة الواحدة}}$ .
- عدد أزواج القواعد = $\frac{\text{طول DNA}}{\text{سمك النيوكليوتيدة}}$ .
- ترتبط قاعدة الأدنين مع قاعدة الثايمين برابطتين هيدروجينيتين ..، بينما ترتبط قاعدة الجوانين مع قاعدة السيتوزين بثلاث روابط هيدروجينية .
- $G = C$ ، $A = T$ ، $\frac{G}{C} = \frac{A}{T} = ١$ ، $\frac{A + G}{T + C} = ١$
- $A + G = T + C = ٥٠\%$
- عدد الروابط الهيدروجينية الموجودة في قطعة DNA = (عدد قواعد السيتوزين أو الجوانين) × ٣ + (عدد قواعد الأدنين أو الثايمين) × ٢.
- عدد الروابط الهيدروجينية المزدوجة الموجودة في قطعة DNA = عدد قواعد A = عدد قواعد T .. في اللولب المزدوج.
- عدد الروابط الهيدروجينية الموجودة في ثلاثيات في قطعة DNA = عدد قواعد G = عدد قواعد C .. في اللولب المزدوج.
- عدد قواعد البيورينات ذات الحلقتين = عدد قواعد البيريميدينات ذات الحلقة الواحدة.
- عدد حلقات كل درجة من درجات سلم DNA = ٣ حلقات.





أمثلة

1 قطعة من DNA عند تحليلها وجد أنها تحتوي على ١٠٠٠ نيوكليوتيدة منها ١٥٠ نيوكليوتيدة تحتوي على قاعدة الأدنين، في ضوء ذلك: احسب:

١. عدد مجموعات الفوسفات الموجودة في هذه القطعة.
٢. عدد مجموعات الفوسفات الحرة الموجودة في هذه القطعة.
٣. عدد اللفات الموجودة في هذه القطعة.
٤. عدد باقي القواعد النيتروجينية في هذه القطعة.
٥. نسبة قواعد الجوانين في هذه القطعة.
٦. عدد درجات السلم في هذه القطعة.
٧. عدد الروابط الهيدروجينية الموجودة في هذه القطعة.
٨. عدد الروابط الهيدروجينية الموجودة بصورة مزدوجة في هذه القطعة.
٩. عدد الروابط الهيدروجينية الموجودة في صورة ثلاثيات في هذه القطعة.
١٠. أثبت أن: $\frac{A+G}{T+C} = ١$

الإجابة:

١- عدد مجموعات الفوسفات = عدد النيوكليوتيدات = ١٠٠٠.

٢- عدد مجموعات الفوسفات الحرة = ٢.

٣- عدد اللفات = $\frac{\text{عدد النيوكليوتيدات الموجودة في القطعة}}{٢٠}$ = $\frac{١٠٠٠}{٢٠}$ = ٥٠ لفة.

٤- عدد القواعد النيتروجينية = عدد النيوكليوتيدات = ١٠٠٠.

عدد قواعد A = عدد قواعد T = ١٥٠ قاعدة.

عدد قواعد G + عدد قواعد C = ١٠٠٠ - (٢ X ١٥٠) = ١٠٠٠ - ٣٠٠ = ٧٠٠ قاعدة.

عدد قواعد G = عدد قواعد C = $\frac{٧٠٠}{٢}$ = ٣٥٠ قاعدة.

٥- نسبة قواعد G = نسبة قواعد C = $\frac{\text{عدد قواعد G}}{\text{العدد الكلي للقواعد}}$ X ١٠٠ = $\frac{٣٥٠}{١٠٠٠}$ X ١٠٠ = ٣٥٪

٦- عدد درجات السلم = عدد نيوكليوتيدات الشريط الواحد = $\frac{١٠٠٠}{٢}$ = ٥٠٠ درج.

٧- عدد الروابط الهيدروجينية = (عدد قواعد G × ٣) + (عدد قواعد A × ٢)

= (٣٥٠ × ٣) + (١٥٠ × ٢) = ١٣٥٠ رابطة.

٨- عدد الروابط الهيدروجينية الموجودة في صورة مزدوجة = عدد قواعد A = ١٥٠ رابطة.

٩- عدد الروابط الهيدروجينية في صورة ثلاثيات = عدد قواعد G = ٣٥٠ رابطة.

١٠- $\frac{A+G}{T+C}$ = $\frac{١٥٠ + ٣٥٠}{١٥٠ + ٣٥٠}$ = $\frac{٥٠٠}{٥٠٠}$ = ١.

٢ إذا علمت أن $\frac{2}{3} = \frac{G}{A}$ في أحد جزيئات DNA في خلية جسدية لإنسان ما.
ما النسبة المئوية لكل من T ، C في الشريطين ؟

الإجابة:

بفرض أن:

$$\frac{G}{A} = \frac{2}{3} = \frac{C}{T}$$

$$G = 2x = C \quad ، \quad A = 3x = T$$

$$A + G + C + T = 100\% \qquad 3x + 2x + 2x + 3x = 100\%$$

$$10x = 100\% \qquad x = 10\%$$

وبالتالي تكون نسبة:

$$G = C = 2x = 2 \times 10 = 20\%$$

$$A = T = 3x = 3 \times 10 = 30\%$$

٣ الجدول التالي يوضح النسب المئوية للقواعد النيتروجينية بحمض DNA في خليتين مختلفتين لأرنب واحد، ماذا تستنتج من كل مما يأتي ؟
١- مقارنة النسب المئوية للقواعد النيتروجينية في خلية كبد الأرنب مع نسبتها المئوية في خلية جلد الأرنب.
٢- مقارنة النسب المئوية للقواعد النيتروجينية في خلية كبد الأرنب ببعضها.

النسبة المئوية للقواعد النيتروجينية في جزيئات DNA

| القواعد النيتروجينية | A | T | C | G |
|---|---|---|---|---|
| خلية كبد الأرنب | ٢٨,٧ | ٢٨,٣ | ٢١,٤ | ٢١,٦ |
| خلية جلد الأرنب | ٢٨,٧ | ٢٨,٣ | ٢١,٤ | ٢١,٦ |

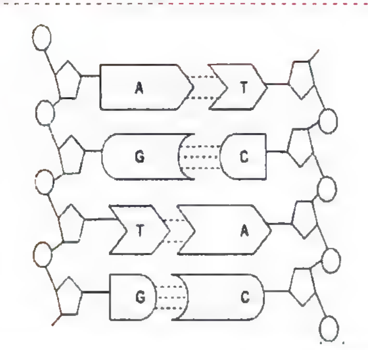
الإجابة:

١- الخلايا الجسمية لنفس الكائن تحتوي على نفس الكمية من القواعد النيتروجينية وبالتالي تكون DNA في أنواع مختلفة من الخلايا الجسدية لنفس نوع الكائن الحي متساوية مما يدل على أن DNA هو المادة الوراثية وليس البروتين.

٢- نسبة قواعد الأدنين تساوي تقريبًا نسبة قواعد الثايمين، نسبة قواعد الجوانين تساوي تقريبًا نسبة قواعد السيتوزين مما يدل على أن DNA لولب مزدوج.

## أسئلة الأداء الذاتي:

**١** من خلال دراستك للشكل المقابل:

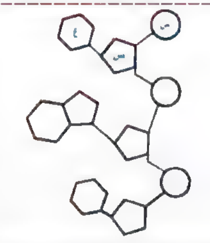



ما موضع الخطأ في تركيب الجين الموضح بالشكل السابق ؟

ⓐ عدد الروابط الهيدروجينة
ⓑ اقتران القواعد النيتروجينة
ⓒ ترتيب هيكل السكر – فوسفات
ⓓ عدد حلقات القواعد النيتروجينية

---

**٢** من خلال دراستك للشكل المقابل، أي العبارات التالية صحيحة ؟




ⓐ (س) تحمل شحنة سالبة بينما (ص) تحمل شحنة موجبة
ⓑ (ص) تحتوي على الكربون فقط بينما (ع) تحتوي على النيتروجين فقط
ⓒ (ع) ترتبط بروابط تساهمية وأخرى هيدروجينية بينما (ص) ترتبط بروابط تساهمية فقط
ⓓ (س) مشتقة من مادة عضوية بينما (ع) مشتقة من مادة معدنية

---

**٣** من خلال دراستك للجدول المقابل الذي يوضح عدد مجموعات الفوسفات الحرة في المادة الوراثية لثلاث خلايا، أجب عن السؤال التالي :

| الخلايا | الخلية (س) | الخلية (ص) | الخلية (ع) |
|---|---|---|---|
| عدد مجموعات الفوسفات الحرة | ٤٦ | ٩٢ | صفر |

أي البدائل التالية تشير إلى الخلايا (س)، (ص)، (ع)

| | الخلية (س) | الخلية (ص) | الخلية (ع) |
|---|---|---|---|
| ⓐ | حيوان منوي لإنسان | خلية كبد لإنسان | خلية بكتيرية |
| ⓑ | خلية كبد لإنسان | ليفة عضلية هيكلية لإنسان | خلية فطر الخميرة |
| ⓒ | خلية كبد لإنسان | ليفة عضلية هيكلية لإنسان | خلية بكتيرية |
| ⓓ | حيوان منوي لإنسان | خلية كبد لإنسان | خلية فطر الخميرة |

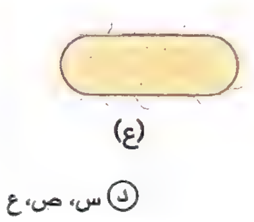
---

**٤** أي الخلايا التالية يصعب فيها رؤية التركيب الموضح بالشكل المقابل عند فحصها بواسطة الميكروسكوب الإلكتروني ؟




(س)


(ص)

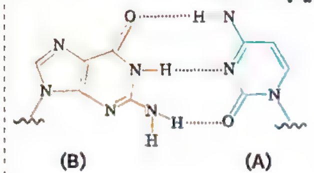

(ع)



ⓐ ص فقط ⓑ ع فقط ⓒ ص، ع ⓓ س، ص، ع

---

**٥** ادرس الشكل الذي يوضح ارتباط قاعدتين نيتروجينيتين معًا، ما الذي يمثله كل من A، B على الترتيب ؟




ⓐ جوانين وسيتوزين
ⓑ أدينين وثايمين
ⓒ ثايمين وأدينين
ⓓ سيتوزين وجوانين

# تضاعـــف DNA

## التمهيـد

✦ هـل فكـرت يومـا مـاذا يحـدث لنسـيج الجلـد بعـد أن تجـرح يـدك بواسـطة آلـة حـادة مثـل السـكين ؟ هـل تسـاءلت يومـا كيـف تتحـول خليـة الزيجـوت إلـى جنين كامـل خـلال ٩ شـهور ؟ لا شـك أنـك لاحظـت أن هـذه الخلايـا لابـد أن تنقسـم بشـكل دوري لتعويـض الأجـزاء التالفـة أو النمـو أو التئـام الجـروح ولكـن كيـف يمكـن للخلايـا الناتجـة مـن الانقسـام أن تحافـظ علـى ثبـات مادتهـا الوراثيـة رغـم زيـادة أعدادهـا !

قبـل أن تبـدأ الخليـة بالانقسـام تتضاعـف كميـة المـادة الوراثيـة بداخلهـا حتـى تحصـل كل خليـة جديـدة ناتجـة مـن الانقسـام علـى نسـخة طبـق الأصـل مـن المعلومـات الوراثيـة الخاصـة بالخليـة الأصليـة ويطلـق علـى هـذه العمليـة مصطلـح «تضاعـف DNA».

## الشـرح

✪ **توقيت الحدوث:** تتضاعف كمية DNA في الخلية قبل أن تبدأ في الانقسام.

✪ **الهدف:** حتي تستقبل كل خلية جديدة نسخة طبق الأصل من المعلومات الوراثية الخاصة بالخلية الأم.

✪ **الملائمة التركيبية لجزيءDNA في عملية تضاعف DNA:**

أشـار «واطسـون وكريـك» إلـى أن جـزيء DNA يحتوي على وسـيلة يمكن بها مضاعفـــة المعلومـــات الوراثيـــة بدقـة ... **فسر ؟!**

حيـث إن الشـريطين يحتويـان علـى قواعـد نيتروجينيـة متكاملـة أي أن تتابـع النيوكليوتيـدات فـي كل شـريط يوفـر المعلومـات اللازمـة لبنـاء شـريط مقابـل لـه ومتكامـل معـه فيعمـل كل شـريط قديـم كقالـب لبنـاء شـريط DNA جديـد يتكامـل معـه.

✪ **مثال:**

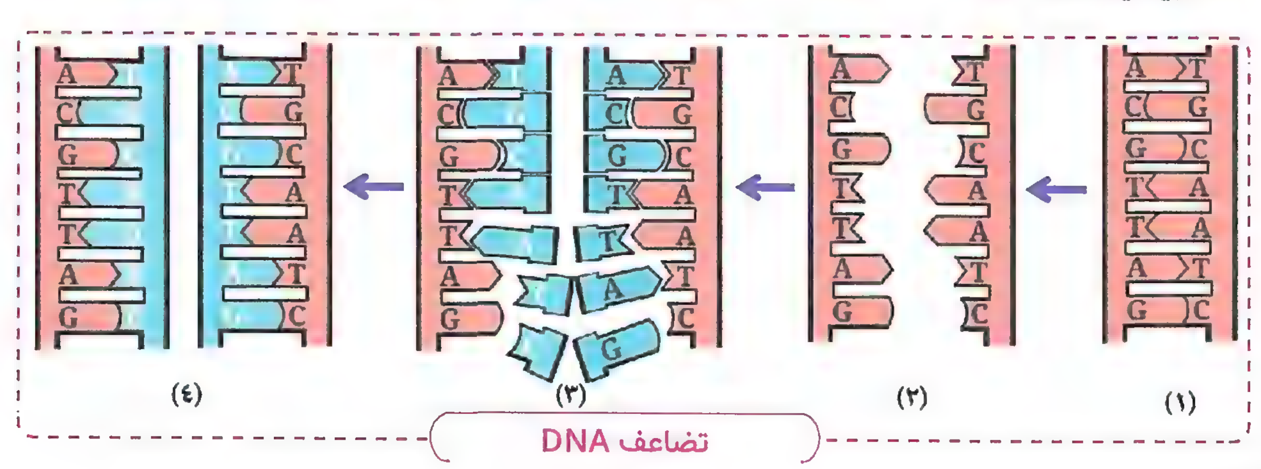
إذا كان تتابع القواعد النيتروجينية في جزء من أحد الشريطين هو

(5̀ ..... C – C – T – A – A ..... 3̀)

فإن قطعة الشريط التي تتكامل معه تكون كالتالي:

(3̀ ..... G – G – A – T – T ..... 5̀)

وبالتالـي عنـد فصـل شـريطيDNA عـن بعضهمـا البعـض فـإن أيًـا منهمـا يمكـن أن يعمـل كقالـب لإنتـاج شـريط يتكامـل معـه.




تضاعف DNA

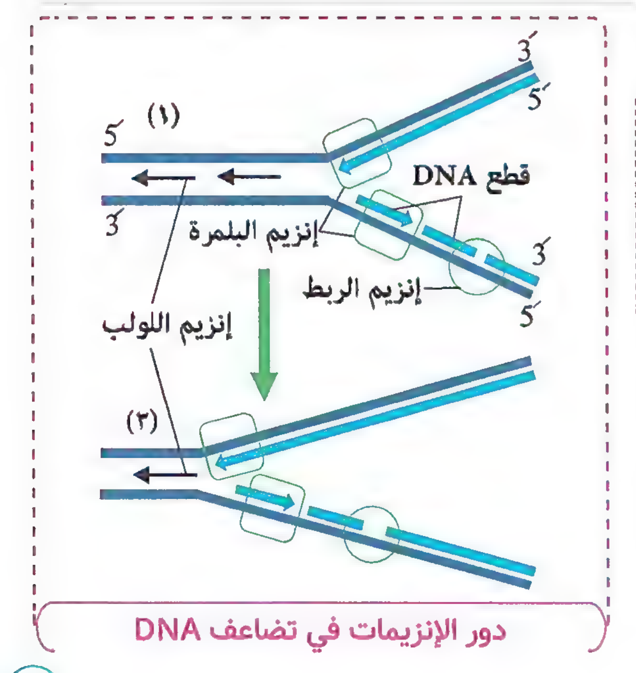
## ✪ شروط حدوث عملية تضاعف DNA:

1. تكامل نشاط عدد من الإنزيمات والبروتينات في الخلية مثل إنزيمات اللولب، البلمرة، الربط.
2. وجود شريط DNA قديم يمكن استخدامه كقالب لبناء شريط DNA جديد يتكامل معه.

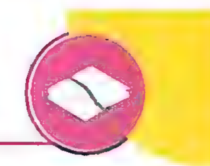
| | الإنزيم المستخدم | الخطوات |
|---|---|---|
| الفصل | إنزيم اللولب Helicase | ① تتحرك إنزيمات اللولب (DNA – helicases) على امتداد اللولب المزدوج فاصلة الشريطين عن بعضهما عن طريق: كسر الرابطة الهيدروجينية بين القواعد النيتروجينية المتزاوجة في كلا الشريطين.<br>② يبتعد الشريطان عن بعضهما لتتمكن القواعد النيتروجينية من تكوين روابط هيدروجينية مع نيوكليوتيدات جديدة. |
| البناء | إنزيم البلمرة polymerase enzyme | تقوم **إنزيمات البلمرة (DNA – polymerases)** ببناء أشرطة DNA جديدة كالتالي:<br>(أ) في حالة الشريط (3َ ⟵ 5َ) الأصلي القالب:<br>تقوم إنزيمات البلمرة بإضافة نيوكليوتيدات جديدة الواحدة تلو الأخرى من البداية ٥ إلى النهاية ٣ لشريط DNA الجديد، ويتم ذلك بعد أن تتزاوج القاعدة النيتروجينية في النيوكليوتيدة الجديدة مع القاعدة النيتروجينية الموجودة على شريط القالب، وتتم هذه العملية بشكل متصل ويزداد طول شريط DNA النامي تدريجيًا.<br>(ب) في حالة الشريط (5َ ⟵ 3َ) الأصلي المعاكس:<br>تقوم إنزيمات البلمرة ببناء قطع صغيرة بشكل غير متصل في اتجاه (5َ ⟵ 3َ) لشريط DNA القالب القديم تاركة ثغرات في الشريط الجديد فبعد أن ينتهي إنزيم البلمرة من بناء قطعة DNA يقوم بالرجوع عكس اتجاهه ليواصل عمله في بناء قطعة جديدة مستقلة وذلك لأن إنزيم البلمرة لا يعمل إلا في الاتجاه 5َ ⟵ 3َ |
| الربط | إنزيمات الربط DNA-ligase | تقوم إنزيمات الربط (DNA – ligase) بربط قطع DNA الصغيرة المتقطعة التي كونها إنزيم البلمرة أثناء تضاعف الشريط الأصلي المعاكس عن طريق تكوين روابط تساهمية بين الطرف ٣ للقطعة الجديدة والطرف ٥ للقطعة السابقة لها للحصول على شريط كامل متصل. |

### ملحوظات

- يعمل إنزيم البلمرة في اتجاه واحد فقط وهو من الطرف (5َ) إلى الطرف (3َ) لذلك فإنه:
  - يصلح لبناء الشريط المكمل للشريط القالب (3َ ⟵ 5َ) بمفرده.
  - لا يصلح لبناء الشريط المكمل للشريط المعاكس (5َ ⟵ 3َ) إلا بمساعدة إنزيمات الربط.




دور الإنزيمات في تضاعف DNA



✪ **مكان حدوث عملية تضاعف DNA:** يختلف حسب نوع الكائن الحي كالتالي:

| | أوليات النواة | حقيقيات النواة |
|---|---|---|
| مكان وجود المادة الوراثية | يوجد DNA في السيتوبلازم غير محاط بغشاء نووي. | يوجد DNA داخل النواة محاط بغشاء نووي. |
| شكل جزئ DNA | يوجد في شكل لولب مزدوج تلتحم نهايتاه مع بعضهما البعض ويتصل مع الغشاء البلازمي عند نقطة ما يبدأ عندها تضاعف جزيء DNA. | يوجد في صورة صبغيات يحتوي كل صبغي على جزيء واحد من DNA يمتد من أحد طرفيه إلى الطرف الآخر. |
| التضاعف | تبدأ عملية تضاعف DNA عند نقطة اتصاله مع الغشاء البلازمي للخلية. | تبدأ عملية تضاعف DNA من عند أي نقطة على امتداد جزيء DNA في الصبغي. |
| الشكل التوضيحي |  |  |

**ملحوظات**

- قد يكون الكروموسوم (الصبغي) أحادي الكروماتيد أو ثنائي الكروماتيد حسب الطور الانقسامي للخلية.
- يحتوي كل صبغي (كروموسوم مفرد أحادي الكروماتيد) على جزيء واحد من DNA، يمتد من أحد طرفيه إلى الطرف الآخر.
- تتضاعف كمية المادة الوراثية (DNA) في الطور البيني (التحضيري) قبيل انقسام الخلية (ميوزي أو ميتوزي) حتى تحتفظ الخلايا الجديدة الناتجة عن الانقسام بنفس الخصائص الوراثية.
- جدول يوضح العلاقة بين عدد الكروموسومات وعدد جزيئات DNA في الخلايا المختلفة للإنسان.

| | وضع الخلية | عدد الكروموسومات | عدد الكروماتيدات | عدد جزيئات DNA | عدد المجموعات الصبغية | مثال |
|---|---|---|---|---|---|---|
| في الوضع غير الانقسامي سواء ميوزي أو ميتوزي | — | ٤٦ | ٤٦ | ٤٦ | ٢ن | — |
| الانقسام الميتوزي | في الطور البيني قبيل الانقسام | ٤٦ | ٩٢ | ٩٢ | ٢ن | — |
| | بعد الانقسام | ٤٦ | ٤٦ | ٤٦ | ٢ن | الجلد، الشعر. |
| الانقسام الميوزي | في الطور البيني قبيل الانقسام | ٤٦ | ٩٢ | ٩٢ | ٢ن | — |
| | بعد الانقسام الميوزي الأول | ٢٣ | ٤٦ | ٤٦ | ن | خلية منوية ثانوية، خلية بيضية ثانوية، الجسم القطبي الأول. |
| | بعد الانقسام الميوزي الثاني | ٢٣ | ٢٣ | ٢٣ | ن | الطلائع المنوية، الحيوانات المنوية، البويضات، الأجسام القطبية النهائية. |

# إصلاح عيوب DNA

✪ من المعروف أن كل البوليمرات التي توجد في الخلية قد تتعرض لعدة عوامل داخلية أو خارجية تؤثر على بنيتها الأساسية مما يؤدي إلى تلف تركيبها الكيميائي أو الجزيئي ومن أمثلة هذه المركبات:

- **النشا:** بوليمر يتكون من وحدات متكررة من الجلوكوز(مونيمر).
- **البروتين:** بوليمر يتكون من وحدات متكررة من الأحماض الأمينية (مونيمرات).
- **الأحماض النووية:** بوليمرات تتكون من وحدات متكررة من النيوكليوتيدات (مونيمرات).

**البوليمرات**

مركبات طويلة تتكون من وحدات بنائية متكررة (كالنشا، البروتين، الأحماض النووية) تتعرض للتلف باستمرار بسبب حرارة الجسم والبيئة المائية داخل الخلية.

✪ يعتبر DNA من المركبات البيولوجية المعرضة للتلف حيث تفقد الخلية البشرية يوميًا حوالي ٥٠٠٠ قاعدة بيورينية (أدينين وجوانين) من DNA الموجود بها.

## أسباب تلف الأحماض النووية داخل الخلايا:

| | التأثير | الأمثلة |
|---|---|---|
| المركبات الكيميائية | ينتج عنها تغير في شكل أو تركيب القواعد النيتروجينية إلى قواعد أخرى جديدة مما قد يؤدي إلى حدوث طفرات ينتج عنها تشوهات في الأجنة وتلف في الخلايا أو فقد الخلايا لجزء من وظيفتها. | • المعادن الثقيلة كالرصاص والزئبق.<br>• تناول بعض الأدوية والعقاقير الممنوعة أثناء الحمل.<br>• التعرض بكثرة للمبيدات الحشرية. |
| التعرض للإشعاع لفترات طويلة أو بكميات كبيرة | ينتج عنها تكوين روابط هيدروجينية بين القواعد النيتروجينية المتجاورة (حتى لو كانت غير متكاملة) مما قد يؤدي إلى طفرة في الجينات المسئولة عن انقسام الخلايا وبالتالي زيادة فرص الإصابة بسرطانات الجلد. | • الأشعة فوق البنفسجية الضارة الناتجة من التعرض المستمر للإشعاع.<br>• أشعة إكس المستخدمة في تصوير كسور العظام. |
| درجات الحرارة العالية | ينتج عنها كسر الروابط الهيدروجينية بين أزواج القواعد النيتروجينية المتكاملة ويعقبها كسر الروابط التساهمية أيضًا. | • التعرض المستمر للشمس في وقت الظهيرة لفترات طويلة.<br>• التعرض المباشر للحرارة العالية كما يحدث في الأفران. |
| البيئة المائية داخل الخلية | زيادة أو نقص المحتوي المائي داخل الخلايا قد ينتج عنه تلف وضمور في الحمض النووي بفعل الضغط وبالتالي تفقد الخلايا وظائفها الحيوية. | • زيادة الضغط الأسموزي للدم بدرجات كبيرة كما يحدث في حالات الجفاف الشديد أو الحروق.<br>• زيادة المحتوي المائي داخل الخلايا عند شرب كميات كبيرة جدًا من الماء (تسمم الماء). |

### تأثير تلف DNA:

- عند تعرض DNA للإشعاع أو المركبات الكيميائية أو الحرارة ... ماذا يحدث ؟!

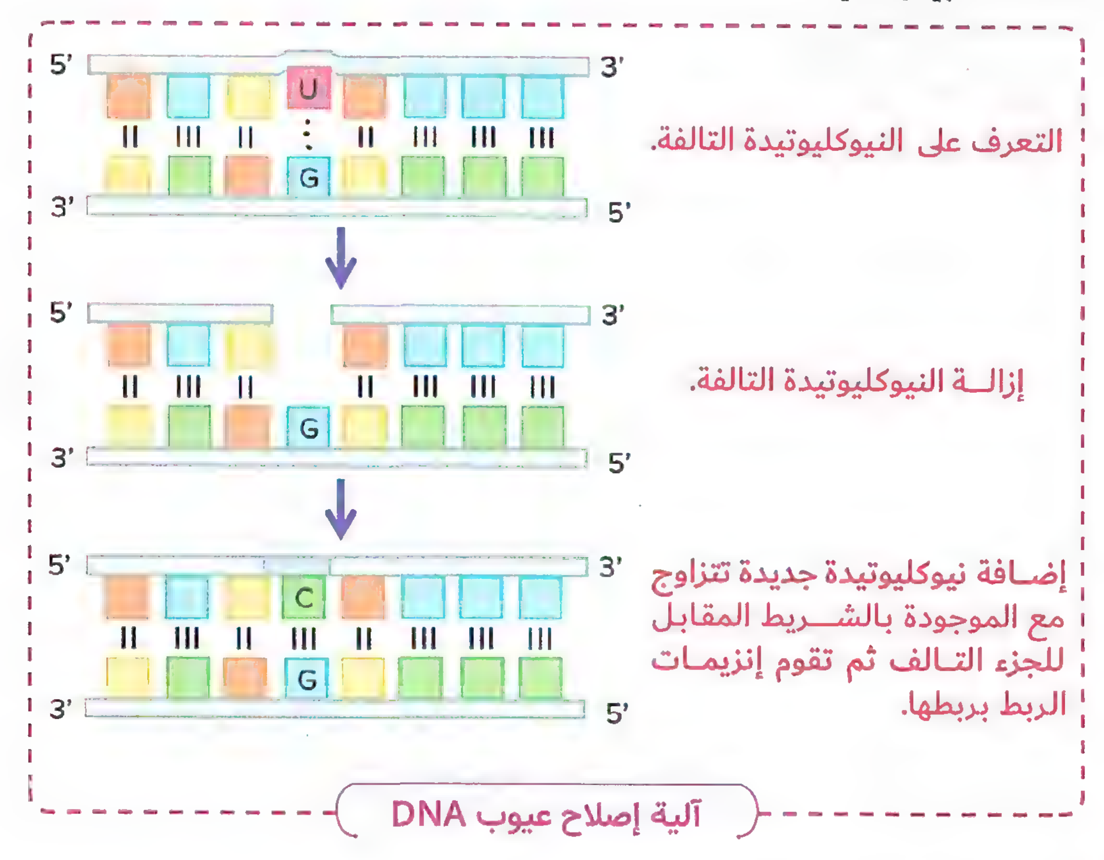
يتعـرض DNA للتلـف، ويحـدث تغيـر فـي المعلومـات الوراثيـة الموجـودة بـه وبالتالـي ينتـج عنـه تغيـرات خطيرة فـي بروتينـات الخلية.

- رغـم أن هنـاك آلاف التغيـرات التـي تحـدث لجـزيءDNA كل يـوم إلا أنـه لا يسـتمر مـن هـذه التغيـرات فـي الخليـة سـوي تغيرين أو ثلاثـة كل عـام وتكـون لهـا صفـة الـدوام .. علل ؟!

لأن الغالبيـة العظمـى مـن هـذه التغيـرات تـزال بكفـاءة عاليـة نتيجـة نشـاط مجموعـة مـن الإنزيمـات عددهـا (٢٠ إنزيمًـا) تعمـل فـي تناغـم علـى إصـلاح عيـوب DNA وهـي إنزيمـات الربـط (DNA Ligases)، بينمـا الـذي يسـتمر مـن هـذه التغيـرات فـي الخليـة يكـون بسـبب حـدوث تلـف فـي شـريطي DNA فـي نفـس الموقـع وفـي نفـس الوقـت.

### آلية إصلاح عيوب DNA:

تقـوم إنزيمـات الربـط بالتعـرف علـى المنطقـة التالفـة فـي DNA ثم تقـوم بإصلاحهـا وذلـك باسـتبدال النيوكليوتيدة التالفـة بنيوكليوتيـدة جديـدة تـتزاوج مـع تلـك الموجـودة بالشـريط المقابـل للجـزء التالـف، فيظـل تركيـب DNA ثابتًـا عنـد انتقالـه للأجيـال التاليـة.




آلية إصلاح عيوب DNA

### الأساس العلمي لإصلاح عيوب DNA:

يعتمـد إصـلاح عيـوبDNA علـى وجـود نسـختين مـن المعلومـات الوراثيـة واحـدة علـى كل شـريط مـن شـريطي اللولـب المـزدوج فـلا بـد مـن وجـود شـريط مـن الشـريطين دون تلـف لتسـتطيع إنزيمـات الربـط اسـتخدامه كقالـب لإصـلاح التلـف الموجـود علـى الشـريط المقابـل، وبالتالـي فـكل تلـف يمكـن إصلاحـه إلا إذا حـدث هـذا التلـف فـي الشـريطين فـي نفـس الموقـع ونفـس الوقـت.

## فسر ؟!

- **يعتبر ازدواج اللولب المزدوج لـ DNA حيويًا للثبات الوراثي في الكائنات الحية.**

حيث يعتمد إصلاح عيوب DNA على وجود نسختين من المعلومات الوراثية واحدة على كل شريط من شريطي اللولب المزدوج فوجود شريط من الشريطين دون تلف يجعل إنزيمات الربط تستخدمه كقالب لإصلاح التلف الموجود على الشريط المقابل، وبالتالي فكل تلف يمكن إصلاحه إلا إذا حدث هذا التلف في الشريطين في نفس الموقع ونفس الوقت.

- **يظهر في بعض الفيروسات معدل مرتفع من التغيرات الوراثية (الطفرات).**

**(أو) طفرات الفيروسات المحتوية على RNA أكثر من تلك المحتوية على DNA.**

لأن المادة الوراثية لبعض الفيروسات توجد على هيئة شريط مفرد من RNA وبالتالي عند حدوث تلف لا يوجد شريط آخر يمكن استخدامه كقالب لإصلاح هذا التلف بواسطة إنزيمات الربط فيستمر مما يؤدي إلى حدوث معدل مرتفع من التغيرات الوراثية.

### ماذا يحدث عند: تعرض الفيروس لكمية كبيرة من الإشعاع ؟

**إذا كان الفيروس محتواه الجيني DNA**

تتلف بعض النيوكليوتيدات..

- **إذا كان التلف على شريط واحد:** تنشط إنزيمات الربط لإصلاحه واستبدال النيوكليوتيدة التالفة بأخرى جديدة تتزاوج مع تلك الموجودة على الشريط المقابل للجزء التالف فلا تحدث طفرة.
- **إذا كان التلف على الشريطين في نفس الموقع ونفس الوقت:** لا يمكن إصلاحه فيستمر وتحدث طفرة.

**إذا كان الفيروس محتواه الجيني RNA**

تتلف بعض النيوكليوتيدات..

لا يمكن لإنزيمات الربط إصلاح هذا التلف لعدم وجود شريط آخر يمكن استخدامه كقالب لإصلاح هذا التلف فيستمر مما يؤدي إلى تغير في الصفات الوراثية وحدوث طفرة.



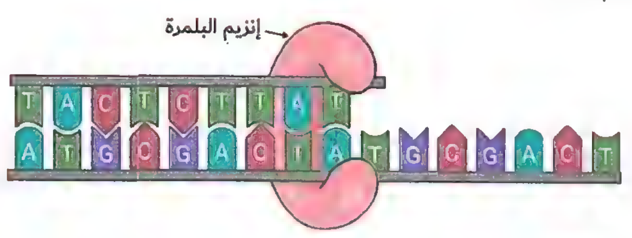

**٦** الشكل المقابل يعبر عن دورة الحياة السائدة في ..........

(أ) خلية من خصية نحل العسل
(ب) زيجوسبور طحلب الإسبيروجيرا
(ج) خلية من خصية الأسد
(د) خلية من مبيض أنثى الإنسان

---




**٧** ادرس الشكل المقابل جيدًا ثم أجب :




(١) العملية الموضحة بالشكل تمثل ..........

(أ) عملية تضاعف صحيحة لجزيء DNA
(ب) عملية تضاعف صحيحة لشريط DNA
(ج) عملية تضاعف صحيحة لشريط RNA
(د) عملية تضاعف غير صحيحة لشريط DNA

(٢) أي القطع التالية تمثل الجزء الذي لم يتكوّن بعد ؟

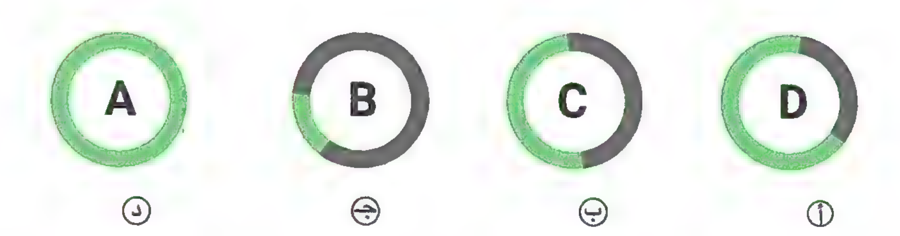



(أ) (ب) (ج) (د)

---

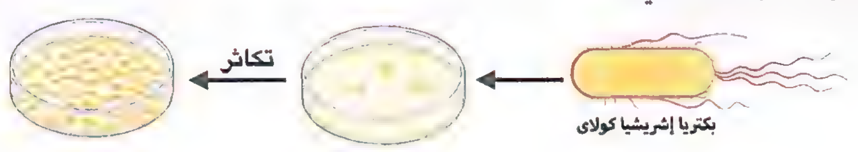
**٨** أي الأشكال التالية تمثل نواتج التحليل البيوكيميائي للجزيئات الناتجة من عملية تضاعف DNA ؟

الحمض النووي الجديد
الحمض النووي الأصلي




(د) (ج) (ب) (أ)

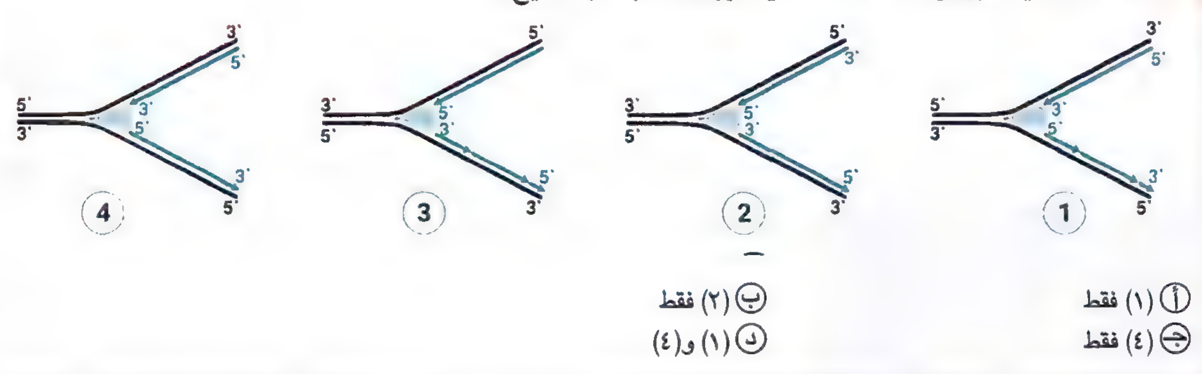
٩ من خلال التجربة الموضحة بالشكل التالي :




أى مما يلى يعتبر صحيحا عن البكتريا الناتجة من التكاثر؟

Ⓐ جميع القواعد النيتروجينية للأفراد الناتجة تحتوى على نيتروجين ثقيل (15N)
Ⓑ نصف القواعد النيتروجينية لأفراد الجيل الأول تحتوى على نيتروجين ثقيل (15N)
Ⓒ نصف القواعد النيتروجينية لأفراد الجيل الثانى تحتوى على نيتروجين ثقيل (15N)
Ⓓ جميع القواعد النيتروجينية للأفراد الناتجة لا تحتوى على نيتروجين ثقيل (15N)

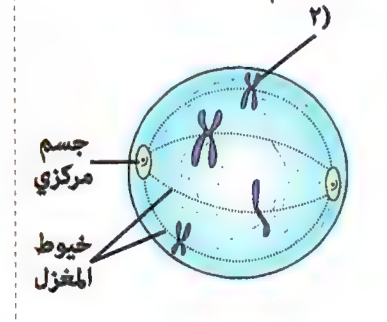
١٠ أى الأشكال التالية تعبر عن تضاعف الحمض النووى DNA بشكل صحيح ؟



Ⓐ (١) فقط　Ⓑ (٢) فقط
Ⓒ (٤) فقط　Ⓓ (١) و(٤)

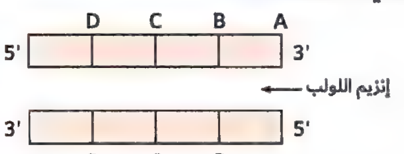
١١ «إذا علمت أن الكروموسوم يتكون من كروماتيد واحد قبل حدوث تضاعف DNA، وبعد التضاعف يصبح الكروموسوم مكونًا من ٢ كروماتيد»،

الشكل المقابل يوضح إحدى الخلايا في بداية مرحلة الانقسام، ما الذي يمكن استنتاجه من خلال الرسم ؟




Ⓐ تحتوي الخليتان الناتجتان على نفس كمية DNA
Ⓑ تحتوي الخليتان الناتجتان على نفس عدد الكروموسومات
Ⓒ حدوث تضاعف للمحتوى الجيني قبل الانقسام
Ⓓ حدوث خلل في عملية تضاعف DNA

١٢ الرسم يوضح عملية تضاعف DNA بفرض أن إنزيم اللولب يقوم بفصل شريطي DNA بداية من A حتى D ما الترتيب الصحيح لاتجاه عمل إنزيم البلمرة على الشريط DNA القالب ٥َ ← ٣َ أثناء عملية التضاعف ؟




Ⓐ $\overrightarrow{AB}$ ثم $\overrightarrow{BC}$ ثم $\overrightarrow{CD}$
Ⓑ $\overrightarrow{DC}$ ثم $\overrightarrow{CB}$ ثم $\overrightarrow{BA}$
Ⓒ $\overrightarrow{BA}$ ثم $\overrightarrow{CB}$ ثم $\overrightarrow{DC}$
Ⓓ $\overrightarrow{CD}$ ثم $\overrightarrow{BC}$ ثم $\overrightarrow{AB}$



الفصل 1

الـدرس الثالث

# الحمض النووي DNA (٢)

## أولا DNA فـي أوليـات النــواة

**أوليات النواة**

كائنـات حيـة لا تحـاط فيهـا المـادة الوراثيـة بغشـاء نـووي يفصلهـا عـن السـيتوبلازم مثـل البكتيريـا.

### خصائص المادة الوراثية في أوليات النواة (البكتيريا):

اسـتطاع العلمـاء عـزل المـادة الوراثيـة الخاصـة بالبكتيريـا مـن خـلال تجـارب عديـدة أجريـت علـى نـوع مـن البكتيريـا التـي تقطـن فـي أمعـاء الإنسـان (بكتيريا نافعـة غيـر ضـارة) تسـمى إيشيريشـيا كـولاي (E.coli)) نسـتنتج منهـا مـا يلـي:

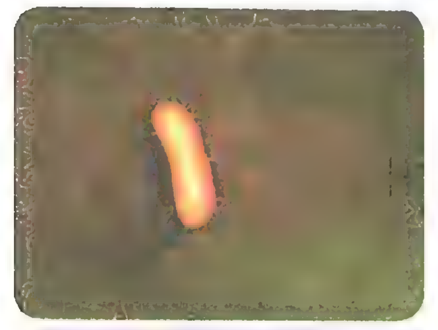
١ توجـد المـادة الوراثيـة DNA حـرة فـي السـيتوبلازم غيـر محاطـة بغشـاء نـووي ولا تنتظـم فـي صـورة صبغيـات حقيقيـة كمـا فـي حقيقيـات النـواة.

٢ يلتـف جـزيء DNA حـول نفسـه علـى شـكل لولـب مـزدوج تلتحـم نهايتـاه معـا سـواء أثنـاء انقسـام الخليـة البكتيريـة أو فـي الوضـع الطبيعـي غيـر الانقسـامي للخليـة البكتيرية.

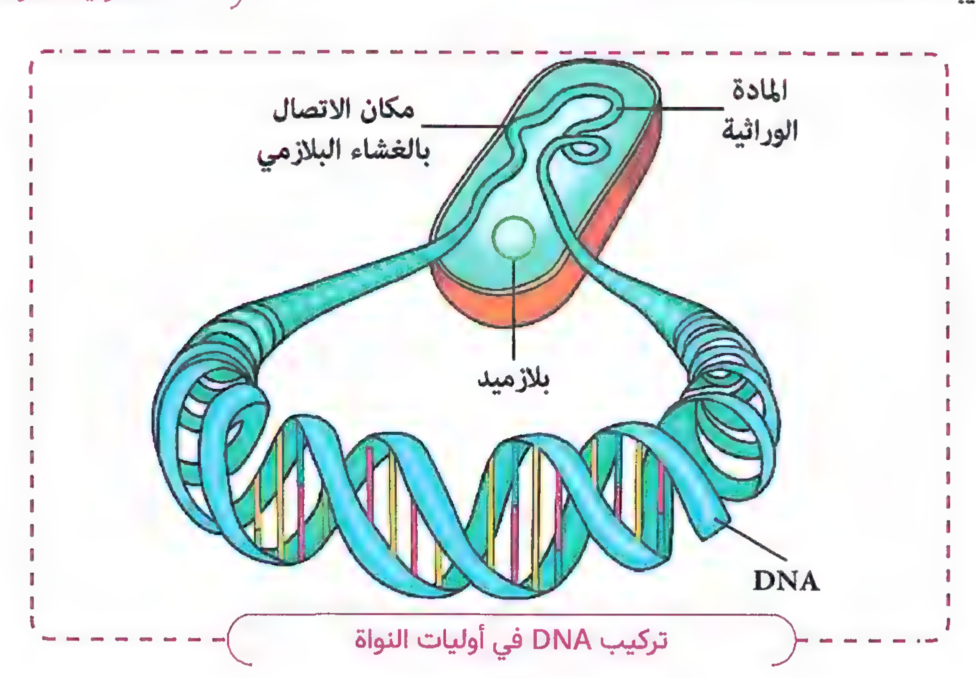
٣ يصـل طـول DNA (بعـد فـرده فـي خـط مسـتقيم إن أمكـن) إلـى حوالـي ١٫٤ مـم (١٤٠٠ ميكـرون) بينمـا يصـل طـول الخليـة البكتيريـة نفسـها إلـى حوالـي ٢ ميكـرون.

٤ يلتـف جـزيء DNA حـول نفسـه (غيـر معقـد بالبروتيـن) عـدة مـرات ليحتـل منطقـة نوويـة طولهـا ٠٫٢ ميكـرون (أي مـا يعـادل ٠٫١ مـن طـول الخليـة البكتيريـة).

٥ يتصـل DNA بالغشـاء البلازمـي للخليـة البكتيريـة فـي موقـع أو أكثـر يبـدأ عندهـا تضاعـف DNA.



صورة DNA بالمجهر الإلكتروني في أوليات النواة




تركيب DNA في أوليات النواة

تحتوي بعض أنواع البكتريا على تراكيب إضافية تحتوي على DNA تعرف بـ«البلازميدات Plasmids».

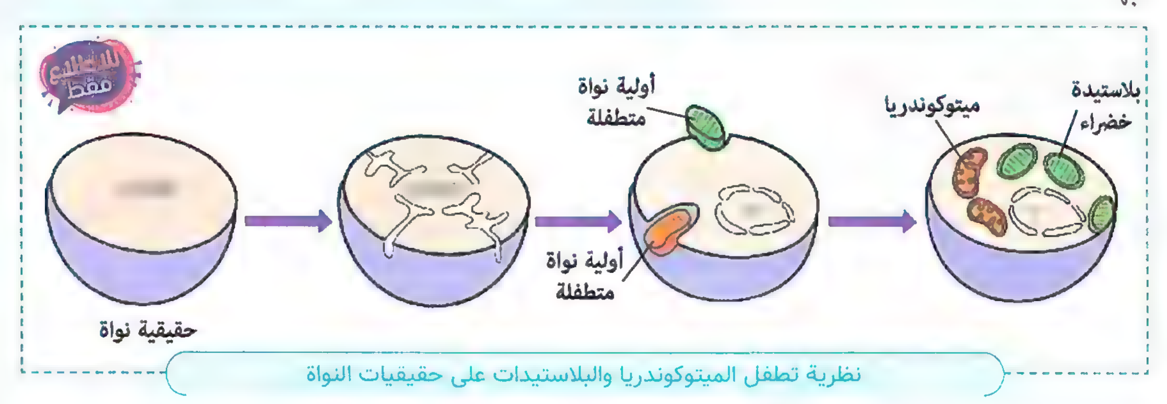
## البلازميدات

| | |
|---|---|
| مكان الوجود | • توجد في أوليات النواة مثل البكتيريا .<br>• توجد في بعض حقيقيات النواة مثل فطر الخميرة . |
| التركيب الكيميائي | جزيئات دائرية تتكون بشكل أساسي من DNA ولا تتعقد بالبروتينات. |
| الحجم | أصغر حجما من DNA الرئيسي وتحتوي على كمية أقل من الجينات. |
| الأهمية بالنسبة لأوليات النواة | - تحتوي على جينات مسئولة عن صفات غير مهمة للحياة اليومية (لا تؤثر على الوظائف الأساسية كالنمو والتكاثر) ولكنها تكسب البكتيريا صفات معينة كقدرتها على مقاومة المضادات الحيوية. |
| الأهمية في تطبيقات الهندسة الوراثية | - تستخدم على نطاق واسع في الهندسة الوراثية، حيث تتضاعف البلازميدات في نفس الوقت الذي تتضاعف فيه الخلايا البكتيرية لـ DNAالرئيسي بها ويستغل العلماء هذا التضاعف بإدخال بلازميدات صناعية إلى داخل الخلايا البكتيرية بهدف الحصول على نسخ كثيرة من هذه البلازميدات. |
| الشكل التوضيحي | DNA البكتيري<br>بلازميدات |

### ملحوظات

- يوجـــد داخـــل بعض العضيـــات الخلوية الخاصـــة بخلايا حقيقيـــات النـــواة جزيئات DNA تشـــبه تلك الموجـــودة في خلايا أوليـــات النـــواة (أي أنها لا تنتظـــم في صورة صبغيـــات) مثل:
  - البلاستيدات الخضراء (في الخلايا النباتية فقط) المسئولة عن عملية البناء الضوئي.
  - الميتوكوندريا (في كل من الخلايا النباتية والخلايا الحيوانية) المسئولة عن عملية التنفس الخلوي وتوليد الطاقة.

لذا يعتقـــد أن الميتوكوندريا والبلاســـتيدات الخضراء نشـــأت كأوليات نواة متطفلـــة داخل خلايا حقيقيات النواة ثم اســـتقرت بها .




نظرية تطفل الميتوكوندريا والبلاستيدات على حقيقيات النواة

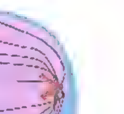
## ثانيا DNA في حقيقيات النواة

### حقيقيات النواة

كائنات حية تحاط فيها المادة الوراثية بغشاء نووي يفصلها عن السيتوبلازم مثل الإنسان.

**خصائص المادة الوراثية في حقيقيات النواة (الإنسان):**

١ يختلف شكل المادة الوراثية حسب وضع الخلية كالتالي:

| | في الوضع الطبيعي (غير الانقسامي) | في الوضع الانقسامي للخلية |
|---|---|---|
| التوضيح | تتواجد المادة الوراثية في صورة شبكة متداخلة من الحمض النووي DNA ومجموعات مختلفة من البروتينات تعرف مجتمعة بـ«الكروماتين». | تنتظم المادة الوراثية في صورة أجسام عصوية يمكن رؤيتها تحت الميكروسكوب بعد صبغها بصبغة خاصة في صورة أجسام ملونة تعرف بـ«الكروموسومات أو الصبغيات» وتكون أكثر وضوحًا في الطور الاستوائي أثناء انقسام الخلية. |
| الشكل | الشبكة الكروماتينية<br>الجسم المركزي (سنتريولان) | الكروموسومات (الصبغيات) |

### الكروماتين

جزيء واحد من DNA يلتف ويطوي عدة مرات مرتبطًا بالعديد من البروتينات ويحتوي عادةً على كميات متساوية من DNA والبروتين.

٢ تحتوي كل خلية جسدية في الإنسان على ٤٦ صبغي.

٣ يدخل في تركيب الصبغي الواحد جزيء واحد من DNA يمتد من أحد طرفيه إلى الطرف الآخر ولا يتصل بالغشاء البلازمي للخلية ويسمى عندئذ بالكروموسوم أحادي الكروماتيد.

٤ يرتبط DNA بمجموعات متنوعة من البروتينات الهستونية والبروتينات غير الهستونية .

## البروتينات التي تدخل في تركيب الصبغي

| | البروتينات الهستونية | البروتينات غير الهستونية |
|---|---|---|
| المفهوم | مجموعة محددة من البروتينات التركيبية الصغيرة توجد في كروماتين الخلية بكميات ضخمة، وتحتوي على قدر كبير من الحمضين الأمينين القاعديين الأرجينين والليسين. | مجموعة غير متجانسة من البروتينات التركيبية والتنظيمية تدخل في تركيب الكروماتين. |
| النوع | تركيبية فقط (تدخل في تركيب الكروموسوم). | تركيبية وتنظيمية (تدخل في تركيب ووظيفة الكروموسوم). |

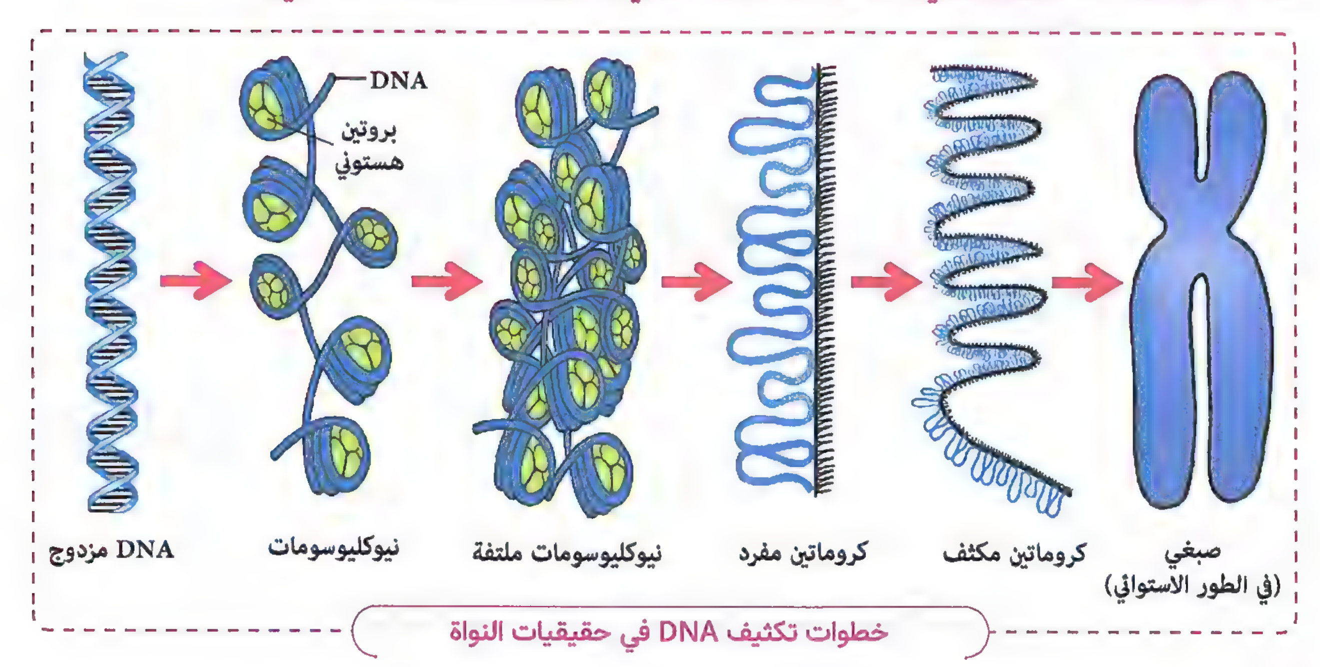
| | | |
|---|---|---|
| الأهمية البيولوجية | • ترتبط بقوة بمجموعات الفوسفات السالبة الموجودة في جزيء DNA ، وذلك لأن مجموعة الألكيل الجانبية للحمضين الأمينيين (الأرچينين والليسين) تحمل شحنات موجبة عند الأس الهيدروجيني (pH) العادي للخلية.<br>• مسئولة عن تقصير جزيء DNA عشر مرات عن طريق تكوين حلقات من النيوكليوسومات. | ① البروتينات التركيبية: تلعب دورًا رئيسًا في التنظيم الفراغي لجزيء DNA داخل النواة كما أنها مسئولة عن تقصير جزيء DNA حوالي ١٠٠,٠٠٠ مرة عن طريق تكوين الكروماتين المكثف.<br>② البروتينات التنظيمية: تحدد ما إذا كانت شفرة DNA (DNA Code) ستستخدم في بناء RNA والبروتينات والإنزيمات أم لا. |
| تكثيف DNA | مسئولة عن تقصير DNA في المراحل الأولى من عملية تكثيف DNA. | مسئولة عن تقصير DNA في المراحل الأخيرة من عملية تكثيف DNA. |

## تكثيف DNA

إذا تصورنا أنه يمكن فك اللولب المزدوج لجزيء DNA في كل صبغي ووضع هذه الجزيئات على امتداد بعضها البعض لوصل طولها ٢ متر لذا تقوم الهستونات وغيرها من البروتينات بمسئولية تكثيف (ضم) الجزيئات الطويلة لتقع في حيز نواة الخلية التي يتراوح قطرها من ٢ : ٣ ميكرون.

### خطوات تكثيف DNA:

✪ لقد أوضح التحليل البيوكيميائي وصور المجهر الإلكتروني أن جزيء DNA يتكاثف كالآتي:




خطوات تكثيف DNA في حقيقيات النواة

① يلتف جزيء DNA حول مجموعات من البروتينات الهستونية مكونًا حلقات من النيوكليوسومات، مما يؤدي إلى تقصير طول جزيء DNA عشر مرات ولكن لا بد أن يقصر DNA ١٠٠,٠٠٠ مرة حتى تستوعبه النواة.

**النيوكليوسومات**

حلقات في الصبغي تتكون من التفاف جزيء DNA حول مجموعة من البروتينات الهستونية، وذلك لتقصير طول جزيء DNA عشر مرات.

٢ تلتف حلقات النيوكليوسومات مرة أخرى لتنضم مع بعضها البعض ولكن هذا أيضًا لا يكفي لتقصير جزيء DNA إلى الطول المطلوب.

٣ ترتب أشرطة النيوكليوسومات الملتفة بشدة على شكل حلقة كبيرة بواسطة البروتينات التركيبية غير الهستونية مكونة بذلك الكروماتين المكثف (الملتف والمكدس).

خطوات تكثيف DNA في حقيقيات النواة

**ملحوظات**

- توجد النيوكليوسومات في خلايا حقيقيات النواة مثل الأميبا، بينما لا توجد النيوكليوسومات في خلايا أوليات النواة مثل البكتيريا.
- توجد البلازميدات في خلايا أوليات النواة مثل البكتيريا، بينما لا توجد البلازميدات في خلايا حقيقيات النواة ماعدا خلايا فطر الخميرة.
- لا تستطيع إنزيمات التضاعف والنسخ التعرف على DNA والعمل عليه عندما يكون في صورة كروموسوم أو كروماتين، بينما تستطيع هذه الإنزيمات التعرف على DNA عندما يكون في صورة نيوكليوسومات مفردة او لولب مزدوج.
- يتعين فك التفاف أو تكدس جزيء DNA قبل أن يعمل كقالب لبناء DNA أو RNA؛ لوجود بروتينات غير هستونية تركيبية تعمل على التفاف وتكدس جزيء DNA في صورة كروماتين مكثف لا تصله الإنزيمات الخاصة لتضاعفه فيلزم فك هذا الالتفاف أو التكدس على الأقل إلى مستوى شريط مفرد من النيوكليوسومات لضمان وصول إنزيمات التضاعف إليه.
- عمليتا فك وتكثيف DNA تخضعان لسيطرة بعض الإنزيمات والبروتينات التنظيمية حسب حاجة الخلية ووظيفتها.

مثال:

– خلايا الغدة الدرقية المسئولة عن إفراز هرمون الثيروكسين يتم فيها فك التفاف DNA عند مواضع الجينات المسئولة عن تكوين الثيروكسين بشكل دوري، بينما يتم فيها تكثيف وضم DNA عند مواضع الجينات المسئولة عن تكوين الإنسولين بشكل مستمر كي لا تصل إنزيمات النسخ إليه.

# تركيــب المحتــوى الجينـي Genome

توصـل الباحثـون عـام ١٩٧٧م إلـى طريقـة يمكـن بهـا تحديـد تتابعـات النيوكليوتيـدات فـي جزيئـات DNA، RNA مما أدى إلـى معرفـة ترتيـب الجينـات داخـل جزيئـات DNA فـي الخليـة.

**المحتوى الجيني**
كل الجينـــات وبالتالـــي كل DNA الموجـــود في الخلية.

✪ درجة النشاط الجيني: تختلف من كائن حي لآخر كالتالي:

| المحتوى الجيني في أوليات النواة | المحتوى الجيني في حقيقيات النواة |
| --- | --- |
| تمثـل الجينـات المسئولة عـن بنـاء RNA والبروتينـات معظـم المحتـوى الجينـي. | أقـل مــن ٧٠٪ مــن الجينــات مســئولة عــن بنــاء RNA والبروتينــات وباقــي الجينــات غيــر معلومــة الوظيفــة. |

✪ **أمثلة على الجينات:**

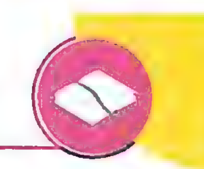
١ تتابع النيوكليوتيدات المسئولة عن بناء المركبات البروتينية عن طريق نسخ mRNA)).
٢ تتابـع النيوكليوتيـدات التـي ينسـخ منهـا جزيئـات RNA الريبوسـومي (rRNA) الـذي يدخـل فـي بنـاء الريبوسـومات.
٣ تتابـع النيوكليوتيـدات التـي ينسـخ منهـا جزيئـات RNA الناقـل (tRNA) الـذي يحمـل الأحمـاض الأمينيـة أثنـاء بنـاء البروتيـن.

- التكـرار: توجـد معظـم جينـات المحتـوى الجينـي للخليـة بنسـخة واحـدة عـادة إلا أن بعـض التتابعـات يوجـد منهـا نسـخ مكـررة، مثـل:

أ الجينـات الخاصـة ببنـاء RNA الريبوسـومي والهسـتونات التـي تحتاجهـا الخليـة بكميـات كبيـرة حيـث وجـد أن العديـد مـن نسـخ هـذه الجينـات تعمـل علـى سـرعة إنتـاج الخليـة للريبوسـومات والهسـتونات، ولذلـك يوجـد منهـا مئـات النسـخ فـي كل خلايـا حقيقيـات النـواة.
ب تتابـع النيوكليوتيـدات القصيـر (A – G – A – A – G) فـي الدروسـوفيلا (ذبابـة الفاكهـة) والـذي يتكـرر حوالـي (١٠٠,٠٠٠ مـرة) فـي منتصـف أحـد الصبغيـات وهـذا التتابـع وغيـره مـن التتابعـات لا يمثـل أي شـفرة (وظيفتـه غيـر معروفـة).

## النسخ والترجمة:

• بعض الجينات لها شفرة على DNA ويتم ترجمتها إلى بروتينات تركيبية أو وظيفية.
مثل: چينات تصنيع بروتين الكولاچين أو هرمون الأنسولين.
• بعض الجينات ليس لها شفرة على DNA وبالتالي لا يتم ترجمتها إلى بروتينات.
– مثل:
• الحبيبات الطرفية الموجودة عند أطراف بعض الصبغيات.
• كمية كبيرة من DNA في المحتوى الچيني لحقيقيات النواة مثل النبات والحيوان.
– الوظيفة:
• يعتقد أنه يعمل على احتفاظ الصبغيات بتركيبها.
• تمثـل إشـارات للمنـاطق التي يجب أن يبـدأ عندها بناء RNA الرسـول (mRNA) وتعتبـر هذه المنـاطق هامـة فـي بنـاء البروتيـن وتسـمي بـ«المحفز».





ملحوظات

- ليست هناك علاقة بين كمية DNA الموجودة في المحتوى الجيني ومقدار رقي وتعقد الكائن الحي..

(أو) لا تتوقف كمية البروتين على كمية DNA في الخلايا ... فسر؟

- حيث لاحظ العلماء أن كمية صغيرة فقط من DNA في كل من النبات والحيوان هي التي تحمل شفرة بناء البروتينات فمثلًا حيوان السلمندر يوجد به أكبر محتوى جيني حيث تحتوي خلاياه على كمية DNA تعادل ٣٠ مرة قدر كمية DNA الموجودة في الخلايا البشرية ومع ذلك تنتج خلاياه كمية أقل من البروتين وذلك لوجود كمية كبيرة من DNA به لا تمثل شفرة.



حيوان السلمندر

**للاطلاع فقط**

- الحبيبات الطرفية الموجودة في أطراف الصبغيات تحمي الصبغيات من التحلل بواسطة الإنزيمات الهاضمة أثناء تضاعف DNA.

| | |
|---|---|
| الإنسان | • قطر نواة الخلية في الإنسان يتراوح بين (٢ : ٣) ميكرون.<br>• طول جزيء DNA في الخلايا الجسدية للإنسان إذا تم فك اللولب المزدوج ووضع جزيئاته على امتداد بعضها البعض حوالي ٢ متر.<br>• طول جزيء DNA في حيوان منوي واحد إذا تم فك اللولب المزدوج ووضع جزيئاته على امتداد بعضها البعض حوالي ١ متر. |
| حيوان السلمندر | • عدد جزيئات DNA في الخلايا الجسدية لحيوان السلمندر= ٣٠ ×٤٦= ١٣٨٠ جزيء.<br>• طول جزيئات DNA في الخلية الجسدية الواحدة لحيوان السلمندر إذا تم فك اللولب المزدوج ووضع جزيئاته على امتداد بعضها البعض=٦٠ متر.<br>• طول جزيئات DNA في حيوان منوي واحد لحيوان السلمندر إذا تم فك اللولب المزدوج ووضع جزيئاته على امتداد بعضها البعض= حوالي ٣٠ متر. |
| بكتيريا إيشيريشيا كولاي | • طول المنطقة النووية في بكتيريا إيشيريشيا كولاي ٠,١ من حجم الخلية البكتيرية.<br>• طول جزيء DNA في بكتيريا إيشيريشيا كولاي إن أمكن فرده حوالي ١,٤ مم.<br>• طول الخلية البكتيرية نفسها يصل إلى حوالي ٢ ميكرون. |

- مقارنة بين أوليات النواة وحقيقيات النواة:

| | أوليات النواة Prokaryotes | حقيقيات النواة Eukaryotes |
|---|---|---|
| الحجم | أقل حجمًا. | أكبر حجمًا. |
| عدد الخلايا | وحيدة الخلية. | معظمها عديدة الخلايا. |
| النواة | لا تحاط المادة الوراثية بغشاء نووي يفصلها عن السيتوبلازم. | تحاط المادة الوراثية بغشاء نووي يفصلها عن السيتوبلازم. |
| العضيات الغشائية (مثل الميتوكوندريا) | لا توجد. | توجد. |

| | | |
|---|---|---|
| العضيات غير الغشائية (مثل الريبوسومات) | توجد وتكون أقل حجمًا. | توجد وتكون أكبر حجمًا. |
| طريقة التكاثر السائدة | الانشطار الثنائي البسيط. | تتكاثر لاجنسيًا أو جنسيًا باختلاف نوع الكائن الحي. |
| تضاعف DNA | تبدأ عملية تضاعف DNA عند نقطة اتصاله مع الغشاء البلازمي للخلية. | تبدأ عملية تضاعف DNA من عند أي نقطة على امتداد جزيء DNA في الصبغي. |
| اتصال المادة الوراثية بالغشاء البلازمي | تتصل بالغشاء البلازمي عند نقطة أو أكثر. | لا تتصل بالغشاء البلازمي. |
| مثال | البكتيريا<br>مكان الاتصال بالغشاء البلازمي<br>المادة الوراثية<br>بلازميد<br>DNA | خلايا الإنسان<br>غشاء النواة<br>النواة<br>المادة الوراثية<br>DNA<br>بروتينات هيستونية |

## أسئلة الأداء الذاتي:

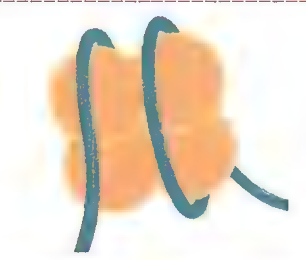
1. من خلال دراستك للجدول المقابل الذي يوضح عدد مجموعات الفوسفات الحرة في المادة الوراثية لثلاث خلايا، أجب عن السؤال التالي :

| الخلايا | الخلية (س) | الخلية (ص) | الخلية (ع) |
|---|---|---|---|
| عدد مجموعات الفوسفات الحرة | 46 | ٩٢ | صفر |

ما الخلايا المشار إليها بالرموز س، ص، ع ؟

| | الخلية (س) | الخلية (ص) | الخلية (ع) |
|---|---|---|---|
| Ⓐ | حيوان منوي لإنسان | خلية كبد لإنسان | خلية بكتيرية |
| Ⓑ | خلية كبد لإنسان | ليفة عضلية هيكلية لإنسان | خلية فطر الخميرة |
| Ⓒ | خلية كبد لإنسان | ليفة عضلية هيكلية لإنسان | خلية بكتيرية |
| Ⓓ | حيوان منوي لإنسان | خلية كبد لإنسان | خلية فطر الخميرة |

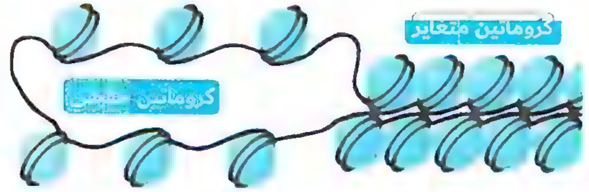
2. يمكن رؤية التركيب الموضح بالشكل المقابل في جميع الكائنات الحية التالية ماعدا ..........



Ⓐ بلازموديوم الملاريا
Ⓑ النوستوك
Ⓒ الخميرة
Ⓓ البنسليوم

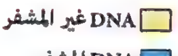
٣ يوجد الكروماتين في هيئتين : «كروماتين حقيقي» عندما يكون خفيف الالتفاف وغير مكثف، و«كروماتين متغاير» عندما يكون شديد الالتفاف والتكثيف، كما هو موضح بالشكل التالي :

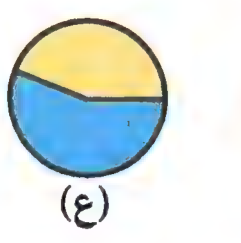
أي من الخيارات التالية يمثل وجود كل من الهيئتين أثناء دورة الخلية ؟




| | الطور البيني | طور الإنقسام |
|---|---|---|
| Ⓐ | كروماتين حقيقي فقط | كروماتين حقيقي ومتغاير |
| Ⓑ | كروماتين حقيقي ومتغاير | كروماتين متغاير فقط |
| Ⓒ | كروماتين متغاير فقط | كروماتين حقيقي فقط |
| Ⓓ | كروماتين حقيقي فقط | كروماتين متغاير فقط |

٤ من خلال دراستك للمخطط التالي :





(ع)


(ص)


(س)

ما الكائنات المشار إليها بالرموز (س)، (ص)، (ع) على الترتيب ؟

Ⓐ الشمبانزي، السلمندر، إيشريشيا كولاي

Ⓑ إيشريشيا كولاي، الشمبانزي، السلمندر

Ⓒ إيشريشيا كولاي، السلمندر، الشمبانزي

Ⓓ السلمندر، الشمبانزي، إيشريشيا كولاي

٥ الرسم البياني يوضح النسبة بين كمية DNA وكمية البروتين التي تنتجها أربع خلايا لكائنات حية مختلفة، ما الذي يمكن استنتاجه بالنسبة للكائن (أ) ؟

Ⓐ يعتبر من أوليات النواة

Ⓑ يعتبر من حقيقيات النواة

Ⓒ صاحب أكبر محتوى جيني

Ⓓ كمية DNA التي تمثل الشفرة أقل من ٧٠٪

الكمية — DNA — بروتين — الكائن الحي — (أ) (ب) (ج) (د)

## الطفرات Mutations

### الطفرات

تغيرات مفاجئة في طبيعة العوامل الوراثية التي تتحكم في صفات معينة مما يؤدي إلى تغير هذه الصفات في الكائن الحي.

**أسباب الحدوث:**

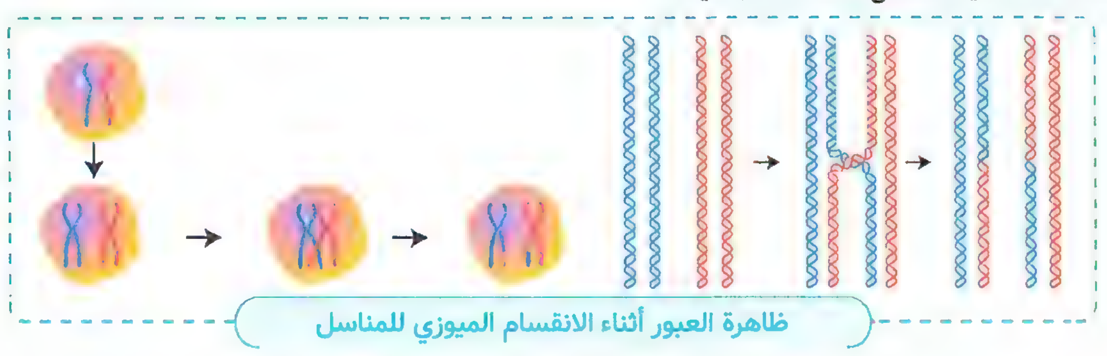
١ تغير تركيب العامل الوراثي (الچين).

٢ تأثيرات البيئة المحيطة.

٣ تغير عدد الصبغيات أثناء الانقسام.

### ملحوظات

- بعض عوامل البيئة المحيطة قد تغير من صفات الكائن الحي ومع ذلك لا تعتبر طفرة؛ لأنه لم يصاحبها تغير في تركيب العوامل الوراثية (الجينات) مثل ظهور السمنة نتيجة الإفراط في الأكل وقلة الحركة والنشاط.
- قد يطرأ على تركيب الصبغي بعض التغيرات التي لا تعتبر طفرة، مثل:
  - انعزال الجينات أثناء الانقسام الميوزي للمناسل ويظهر ذلك بوضوح في الجينات السائدة الهجينة.
  - انفصال الجينات وإعادة اتحادها أثناء عملية العبور (الانقسام الميوزي) حيث تتبادل بعض الجينات بين الكروموسومات المتماثلة مما يضمن تنوع الصفات الوراثية.


ظاهرة العبور أثناء الانقسام الميوزي للمناسل

## تصنيف الطفرات

### أولا تبعا لتوارثها

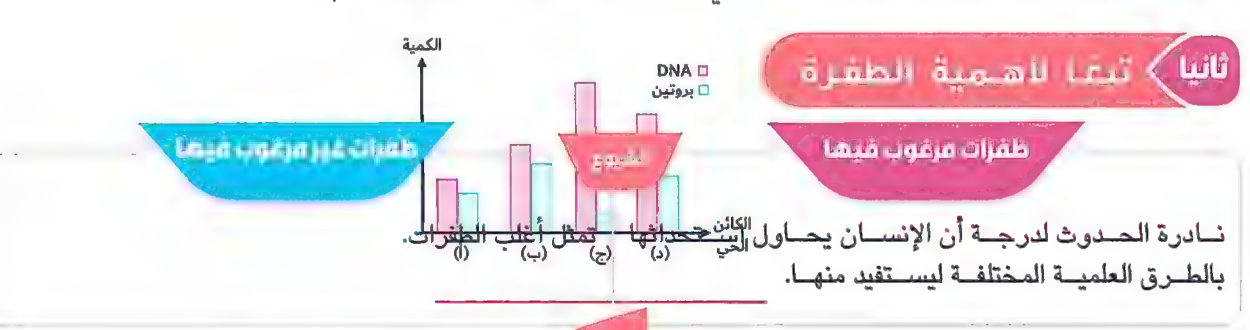
#### ١ طفرة حقيقية

تتوارث على مدى الأجيال المتتالية وتظهر في النسل مثل سلالة الأغنام أنكن وظاهرة التحول البكتيري.

#### ٢ طفرة غير حقيقية

لا تتوارث على مدى الأجيال المتتالية ولا تظهر في النسل مثل ذكر كلاينفلتر لأنه عقيم.

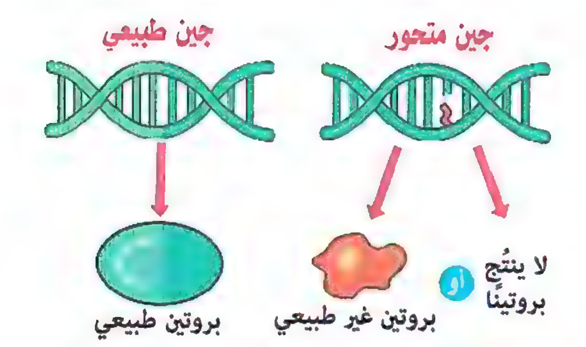
### ثانيا تبعا لأهمية الطفرة



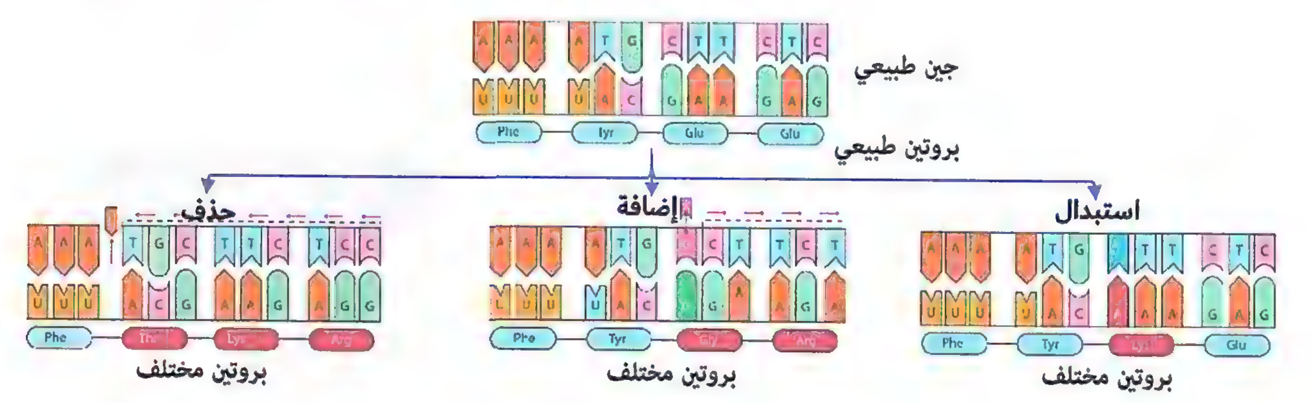

| | طفرات مرغوب فيها | طفرات غير مرغوب فيها |
|---|---|---|
| التعريف | نادرة الحدوث لدرجة أن الإنسان يحاول إستحداثها بالطرق العلمية المختلفة ليستفيد منها. | تمثل أغلب الطفرات. |
| الأمثلة | • الطفرة التي حدثت في قطيع أغنام كان يمتلكه فلاح أمريكي حيث لاحظ ظهور خروف في قطيعه له أرجل قصيرة ومقوسة واعتبرها الفلاح صفة نافعة حيث لم يستطع الخروف تسلق سور الحظيرة وإتلاف النباتات المزروعة فاهتم بها حتى نشأت عنها سلالة كاملة تعرف باسم «أنكن Ancon».<br>• الطفرات التي أدت إلى زيادة إنتاج المحاصيل النباتية. | • بعض التشوهات الخلقية في الإنسان.<br>• العقم في النباتات والذي يصاحبه نقص في إنتاج المحصول. |

## ثالثًا تبعًا لنوع الطفرة

### ١ الطفـرات الجينية




- **سبب حدوثها:** تغير كيميائي في تركيب الجين خاصة نتيجة تغيير ترتيب القواعد النيتروجينية في جزيء DNA.
- **آلية الحدوث:** تنشأ الطفرات الجينية نتيجة:
  - استبدال النيوكليوتيدة بأخرى من نوع مختلف.
  - إضافة نيوكليوتيدة جديدة إلى تركيب الجين.
  - حذف أو نقص نيوكليوتيدة من تركيب الجين.




- **النتائج المترتبة على الطفرات الجينية:**

١ يؤدي إلى تكوين بروتين مختلف يعمل على ظهور صفة جديدة، مثل حدوث طفرة في الجين المسئول عن تكوين الأنسولين في خلايا بيتا بالبنكرياس ينتج عنه عدم تكون الأنسولين وبالتالي الإصابة بمرض البول السكري.

٢ قد يصاحب التغير في التركيب الكيميائي للجين تحوله من جين سائد إلى متنحٍ وقد يحدث العكس في حالات نادرة

### ٢ الطفـرات الصبغية

- **سبب حدوثها:** التغير في أعداد أو تركيب الصبغيات.
- **صوره:**

#### ١ التغير في عدد الصبغيات

نقص أو زيادة صبغي واحد أو أكثر في الأمشاج بعد الانقسام الميوزي.

- **أمثلة:**

١- متلازمة كلاينفلتر. ٢- متلازمة تيرنر. ٣- التضاعف الصبغي.

| | متلازمة كلاينفلتر | متلازمة تيرنر |
|---|---|---|
| التركيب الوراثي | XXY+ ٤٤ | X + ٤٤ |
| الجنس | ذكر بسبب وجود الصبغي Y. | أنثى بسبب غياب الصبغي Y. |
| آلية حدوث الطفرة | زيادة صبغي جنسي واحد X في الأمشاج أثناء الانقسام الميوزي. | نقص صبغي جنسي واحد X في الأمشاج أثناء الانقسام الميوزي. |
| توارث الطفرة | طفرة صبغية غير حقيقية (ذكر عقيم). | طفرة صبغية غير حقيقية (أنثى عقيمة). |
| الخصائص | يظهر عليه صفات الأنوثة مثل التثدي ونعومة الصوت بسبب وجود نسختين من الكروموسوم X. | لا تظهر عليها علامات البلوغ مثل الدورة الشهرية وكبر حجم الثدي بسبب وجود نسخة واحدة فقط من الكروموسوم X. |
| شكل توضيحي | نقص شعر الوجه، نقص شعر الجسم، زيادة حجم الثدي | ضعف نمو الثدي، قصور نمو المبيضين |

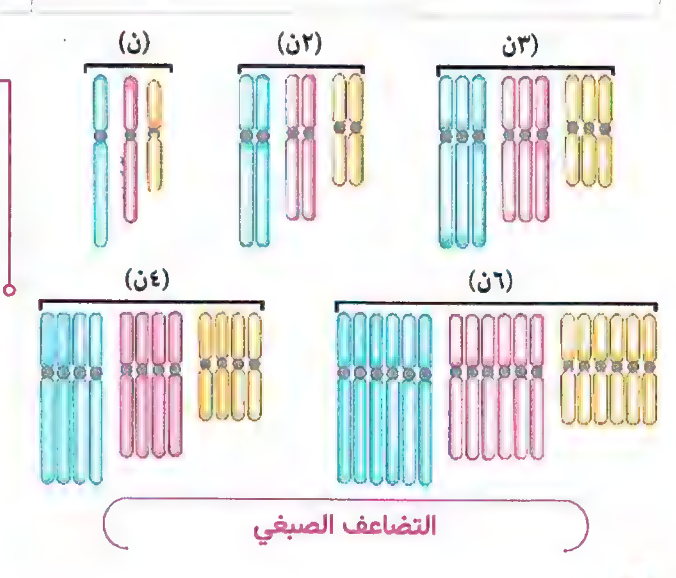
## التضاعف الصبغي Polyploidy

**أسبابه:**

1. عدم انفصال الكروماتيدات بعد انقسام السنترومير.
2. عدم تكون الغشاء الفاصل بين الخليتين البنويتين.



| التضاعف الصبغي في عالم النبات | | التضاعف الصبغي في عالم الحيوان |
| --- | --- | --- |
| أكثـر شـيوعًا فنسـبة كبيـرة مـن النباتـات المعروفـة تكـون (٣ن - ٤ن - ٦ن - ٨ن حتـى ١٦ن) وذلـك عندمـا تتضاعـف الصبغيـات في الأمشـاج. | الشيوع | أقــل شــيوعًا؛ لأن تحديــد الجنــس فــي الحيــوان يتطلــب توازنًــا دقيقًــا بيــن عــدد كل مــن الصبغيــات الجسـدية والجنسـية. |
| ينتـج عنـه أفـراد ذات صفـات جديـدة، ويرجـع ذلـك إلى أن كل جيـن يكـون ممثـل بعـدد أكبـر فيكـون تأثيـره أكثـر وضوحـًا فيكـون النبـات أكثـر طـولًا وتكـون أعضـاؤه أكبـر حجمًـا وبخاصـةً الأزهـار والثمـار. | النتائج المترتبة | فـي الإنسـان يكـون التضاعـف الثلاثـي مميتًـا ويسـبب إجهاضًـا للأجنـة ومـع ذلـك يوجـد تضاعـف صبغـي فـي بعـض خلايـا الكبـد والبنكريـاس. |
| يوجـد حاليًـا فـي الكثيـر مـن المحاصيـل والفواكـه مثـل (القطـن، القمـح، العنـب، الفراولـة، الكمثـري، التفـاح) ذات التعـدد الرباعـي (٤ن). | أمثلة | يقتصـر وجـوده علـى بعـض الأنـواع الخنثـى مـن القواقـع والديـدان التـي لا يوجـد لديهـا مشـكلة فـي تحديـد الجنـس. |



التضاعف الصبغي

### للاطلاع فقط

- التضاعف الصبغي في بعض خلايا الكبد والبنكرياس يتلاءم مع معدل النشاط العالي في كل منهما حيث تضمن وجود كمية أكبر من الجينات النشطة تمكنها من إنتاج كميات كبيرة من الإنزيمات والعصارات الهاضمة والهرمونات التي تتحكم في مختلف وظائف الجسم.

## ٢ التغير في تركيب الصبغيات

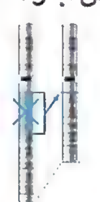
تغير ترتيب الجينات على نفس الصبغي.

**أسبابه:**

١ انفصـال قطعـة مـن الصبغـي أثنـاء الانقسـام والتفافهـا حـول نفسـها بمقـدار ١٨٠ والتحامهـا في الوضـع المقلـوب علـى نفس الصبغـي.

٢ تبـادل أجـزاء مـن صبغيـات غيـر متماثلة.

٣ زيـادة أو نقص جـزء صغير من الصبغي.



## رابعًا تبعًا لمكان حدوث الطفرة

| طفرات مشيجية | وجه المقارنة | طفرات جسمية |
| --- | --- | --- |
| تحدث غالبًا في الخلايا التناسلية. | مكان الحدوث | تحدث في الخلايا الجسدية (الجسمية). |
| تظهـر كصفـات جديـدة علـى الجنيـن الناتـج. | التأثير | تظهـر كأعـراض مفاجئـة بالعضـو الـذي تحـدث بخلايـاه. |
| تتـم فـي الكائنـات الحيـة التـي تتكاثـر تزاوجيًـا. | الانتشار | أكثـر شـيوعًا في النباتـات التـي تتكاثـر خضريًـا حيث ينشـأ فـرع جديـد مـن النبـات العـادي يحمـل صفـات مختلفـة عـن النبـات الأم، ويمكـن فصـل هـذا الفـرع وإكثـاره خضريًـا إذا كانـت الصفـة الجديـدة مرغوبًـا فيهـا. |
| معظمهـا طفـرات حقيقيـة تـورث ماعـدا ذكـر كلاينفلتـر وأنثـى تيرنـر. | التوريث | معظمهـا طفـرات غيـر حقيقيـة لا تـورث إلا فقـط فـي النباتـات التـي لهـا القـدرة علـى التكاثـر الخضـري. |

### ملحوظات

- انفصـال قطعة من الصبغي أثناء انقسـام الخلية والتفافها حول نفسـها بمقـدار ١٨٠ درجة وإعادة التحامهـا مع الصبغي مرة أخرى ينتج عنـه طفرة صبغية نتيجـة حدوث تغير فـي التركيب الصبغي .
- انفصـال قطعة مـن الصبغي أثناء انقسـام الخلية والتفافها حول نفسـها بمقـدار ٣٦٠ درجة وإعادة التحامها مـع الصبغي مرة أخـرى لا ينتج عنه طفرة بسـبب عدم حـدوث تغير فـي تركيب الصبغي.
- حـدوث تغير فـي ترتيب القواعـد النيتروجينية ينشـأ عنه طفـرة جينية، بينمـا حدوث تغير فـي ترتيب الجينـات على نفس الصبغي ينشـأ عنها طفـرة صبغية.

## خامسًا تبعًا لمنشأ الطفرة

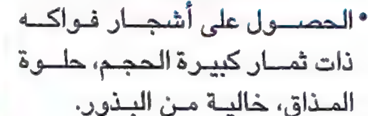
| الطفرة التلقائية | وجه المقارنة | الطفرة المستحدثة |
| --- | --- | --- |
| طفـرة تحـدث دون تدخـل الإنسـان وهـي نـادرة الحـدوث فـي جميـع الكائنـات الحيـة. | التحكم في الحدوث | طفـرة تحـدث بتدخـل الإنسـان للحصـول علـى طفـرات مرغوبـة فـي كائنـات معينـة وهـي أكثـر شـيوعًا مـن التلقائيـة. |
| تحـدث بسـبب تأثيـرات البيئـة المحيطـة بالكائـن الحـي مثـل:<br>– الأشعة فوق البنفسجية.<br>– الأشعة الكونية.<br>– المركبات الكيميائية. | سبب الحدوث | يستحدثها الإنسان عن طريق:<br>• عوامـل طبيعيـة مثـل: أشـعة إكـس، أشـعة جامـا، الأشـعة فـوق البنفسـجية.<br>• مـواد كيميائيـة مثـل: غـاز الخـردل، مـادة الكولشيسـين، حامـض النيتـروز.<br>فعنـد معالجـة النبـات بهـذه المـواد تضمـر خلايـا القمـة الناميـة للنبـات وتمـوت ليتجـدد تحتهـا أنسـجة جديـدة تحتـوي خلاياهـا علـى عـدد مضاعـف مـن الصبغيـات. |

الأهمية

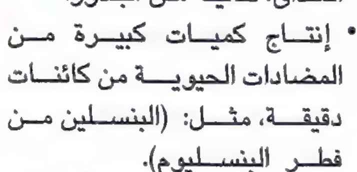
تلعب دورًا هامًا في عملية تطور الأحياء (الكائنات الحية).

أغلبها يحمل صفات غير مرغوب فيها غير أن الإنسان ينتقي منها ما هو نافع.

من أمثلة الطفرات النافعة:



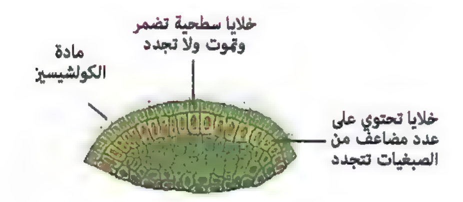

- الحصول على أشجار فواكه ذات ثمار كبيرة الحجم، حلوة المذاق، خالية من البذور.



- إنتاج كميات كبيرة من المضادات الحيوية من كائنات دقيقة، مثل: (البنسلين من فطر البنسليوم).

## للاطلاع فقط

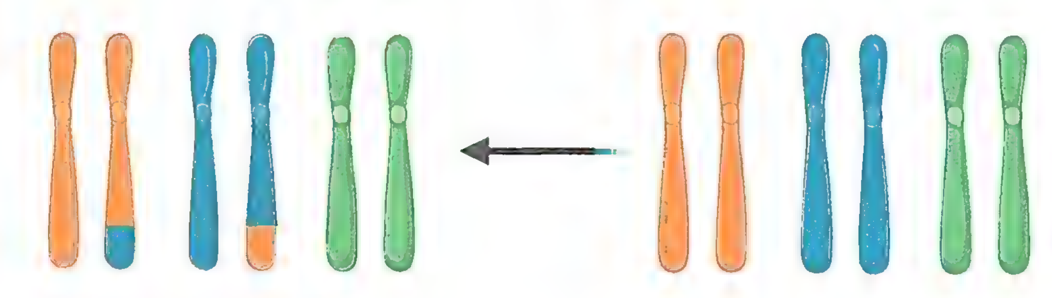
- مادة الكولشيسين تؤدي إلى موت الخلايا السطحية في القمة النامية للنبات بينما تمنع تكوين خيوط المغزل التي تفصل الكروموسومات عن بعضها أثناء الطور الانفصالي لانقسام الخلايا السفلية وبالتالي لا تنفصل الكروموسومات عن بعضها وتنشأ خلايا بها عدد مضاعف من الصبغيات.






## أسئلة الأداء الذاتي:

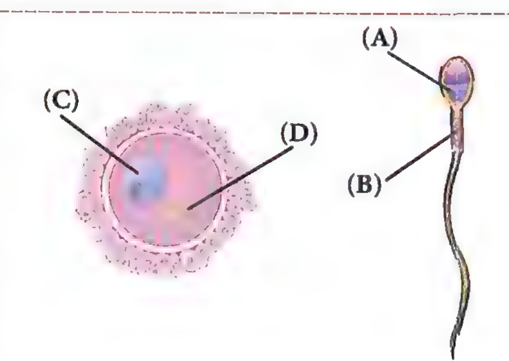
٦ أي البدائل التالية تصف العملية الموضحة بالشكل المقابل ؟



Ⓐ الشكل يمثل حدوث طفرة كروموسومية حقيقية
Ⓑ الشكل لا يعبر عن طفرة بينما يمثل ظاهرة العبور الوراثي
Ⓒ الشكل يمثل حدوث طفرة جينية حقيقية
Ⓓ الشكل يمثل طفرة كروموسومية غير حقيقية

٧ أي مما يلي إذا حدث به طفرة فإنها تعتبر طفرة غير حقيقية في الإنسان ؟

Ⓐ A
Ⓑ B
Ⓒ C
Ⓓ D



٨ أي مما يلي يصف الفرق بين الطفرة في سلالة أنكن في الأغنام والطفرة في فطر البنسليوم؟

Ⓐ الأهمية Ⓑ إمكانية التوريث Ⓒ المنشأ والأهمية Ⓓ المنشأ ومكان الحدوث

---

٩ ما نوع الطفرة الموضحة في الشكل المقابل عند حدوثها أثناء التكوين الجنيني ؟

Ⓐ طفرة جسمية حقيقية
Ⓑ طفرة مشيجية غير حقيقية
Ⓒ طفرة جسمية غير حقيقية
Ⓓ طفرة مشيجية حقيقية



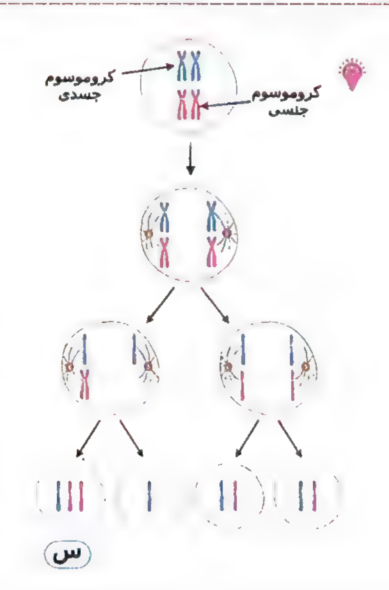
الصفة الطبيعية الصفة الناتجة

---



١٠ من الشكل المقابل، أي البدائل التالية قد تعبر عن ناتج إخصاب البويضة (س) ؟

Ⓐ لن يتكون جنين بسبب حدوث التضاعف الصبغي
Ⓑ يتكون ذكر مصاب بمتلازمة كلاينفلتر
Ⓒ تتكون أنثى مصابة بمتلازمة تيرنر
Ⓓ تتكون أنثى مصابة بمتلازمة داون






## أهداف الفصل

في نهاية هذا الفصل ينبغي أن
يكون الطالب قادرًا على أن

- يتعرف أنواع البروتينات.
- يتعرف تركيب الحمض النووي RNA.
- يقارن بين أنواع الحمض النووي RNA الثلاثة (الريبوسومي – الناقل الرسول).
- يتعرف الشفرة الوراثية.
- يتعرف خطوات تخليق البروتين .
- يتعرف تقنيات التكنولوجيا الجزيئية الحديثة.
- يتعرف مفهوم الجينوم البشري وأهمية ذلك في
- مجال صناعة العقاقير.
- يقدر عظمة الخالق فيما يتعلق بالمعلومات الوراثية
- ودورها في تمييز البشر بصفات تختلف من فرد لآخر.

الدرس 1
RNA
وتخليق البروتين

الدرس 2
التكنولوجيا الجزيئية
«الهندسة الوراثية»

### أهم المفاهيم

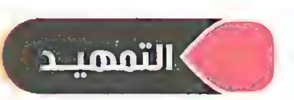
- المحفز
- الشفرة الوراثية
- الكودون
- تفاعل نقل الببتيديل.
- عامل الإطلاق.
- عديد الريبوسوم.
- DNA المهجن
- إنزيمات القصر أو القطع
- البكتيرية
- استنساخ تتابعات DNA
- DNA معاد الإتحاد.
- الجينوم البشري.



الفصل 2

الـدرس الأول

# RNA وتخليق البروتين



## التمهيـد

يدخل في تركيب أجسام الكائنات الحية آلاف الأنواع من البروتينات التي يمكن تقسيمها تبعًا لأهميتها البيولوجية بالنسبة للكائن الحي إلى نوعين أساسيين هما:

| | البروتينات التركيبية | البروتينات التنظيمية (الوظيفية) |
|---|---|---|
| المفهوم | تدخل في تراكيب محددة في خلايا الكائن الحي. | تنظم العمليات الحيوية التي تتعلق بالنشاط البيولوجي لخلايا الكائن الحي. |
| الأمثلة | • الكولاجين: يدخل في تركيب الأنسجة الضامة التي تربط مكونات الجسم ببعضها، مثل: (العظام ، الأربطة ، الأوتار ، الغضاريف والأغشية المحيطة بالعقد الليمفاوية والغدة الدرقية والخصيتين).<br>• الكيراتين: يدخل في تكوين الأغطية الواقية كالجلد والشعر والريش والحوافر والقرون.<br>• الأكتين والميوسين: يدخل في تركيب العضلات الهيكلية والقلبية وبعض أعضاء الحركة في الكائنات البدائية كالأميبا.<br>• البروتينات الهستونية وغير الهستونية التركيبية التي تشارك في تكثيف DNA. | • الإنزيمات: تعمل كعوامل حفز بيولوجية تزيد من سرعة التفاعلات الكيميائية التي تتم في خلايا الكائنات الحية .<br>• الهرمونات: تمكن الجسم من الاستجابة للتغيرات المستمرة التي تطرأ في بيئته الداخلية والخارجية مثل هرموني الكالسيتونين والباراثورمون اللذين يضبطان مستوى الكالسيوم في الدم.<br>• الأجسام المضادة: تكسب الجسم المناعة ضد الأجسام الغريبة كالبكتيريا.<br>• البروتينات غير الهستونية التنظيمية التي تحدد ما إذا كانت شفرة DNA ستستخدم في بناء RNA وبروتينات أم لا. |

### للاطلاع فقط

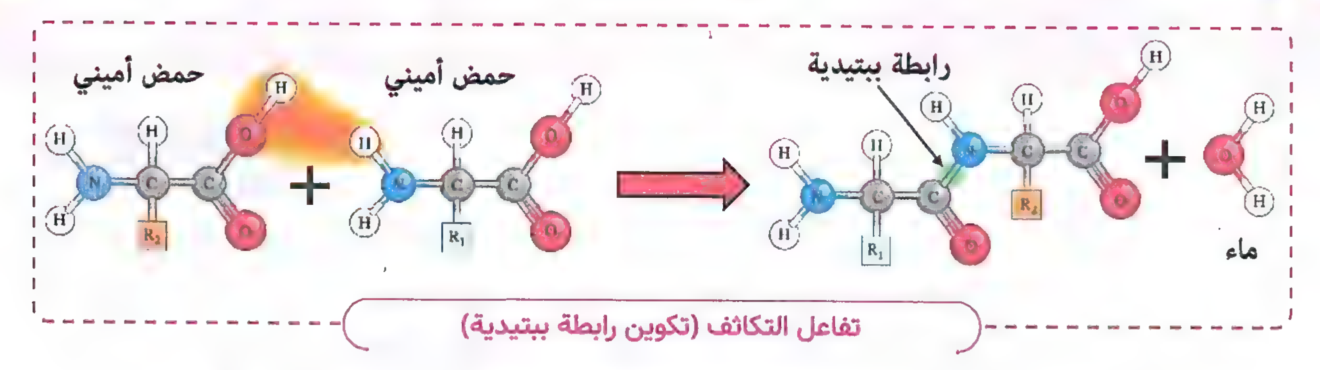
- ليست كل الإنزيمات بروتينية التركيب فبعض الإنزيمات الموجودة في الريبوسوم تتكون من RNA وتساعد هذه الإنزيمات في عملية تصنيع البروتينات في مختلف خلايا الجسم.
- ليست كل الهرمونات بروتينية التركيب فبعض الهرمونات تتكون من مواد دهنية (إستيرويدات) مثل هرمونات قشرة الغدة الكظرية والهرمونات الجنسية وبعضها الآخر يتكون من مشتقات بعض الأحماض الأمينية مثل الثيروكسين والأدرينالين.

## الشـرح

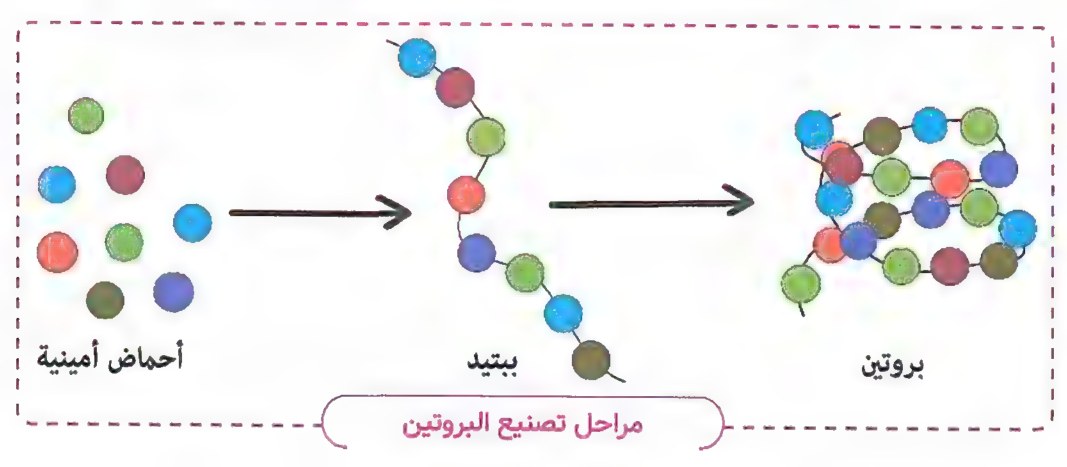
### البروتينـات

✪ **الوحدة البنائية:** يدخل في تركيب البروتينات ٢٠ نوعًا من الأحماض الأمينية المختلفة.

✪ **التركيب الكيميائي:** يتكون البروتين من ارتباط عدة سلاسل من عديدات الببتيد ببعضها (الأكثر شيوعا) أو من سلسلة واحدة (الأقل شيوعا) بحيث تتكون كل سلسلة من ارتباط الأحماض الأمينية ببعضها البعض بروابط ببتيدية في تفاعل نازع للماء في وجود إنزيمات خاصة.



تفاعل التكاثف (تكوين رابطة ببتيدية)



مراحل تصنيع البروتين

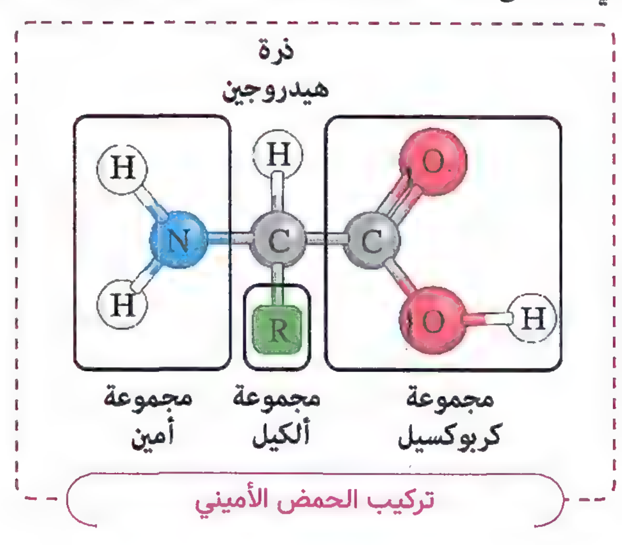
## التركيب الكيميائي الحمض الأميني

يتكون كل حمض أميني من ذرة كربون ترتبط بأربع مجموعات طرفية لتحقق التكافؤ الرباعي الملائم لاستقرارها على النحو التالي:

- **ذرة هيدروجين.**
- **مجموعتان وظيفيتان** هما :
  - مجموعة كربوكسيل $(COOH)$: حامضية سالبة الشحنة.
  - مجموعة أمين $(NH_2)$: قاعدية موجبة الشحنة.
- **مجموعة ألكيل:** تـوجـد في ١٩ نـوع من الأحماض الأمينية فقط وتختلف من حمض أميني لآخر.

$$R-\underset{\displaystyle NH_2}{\overset{\displaystyle H}{\underset{|}{\overset{|}{C}}}}-COOH$$

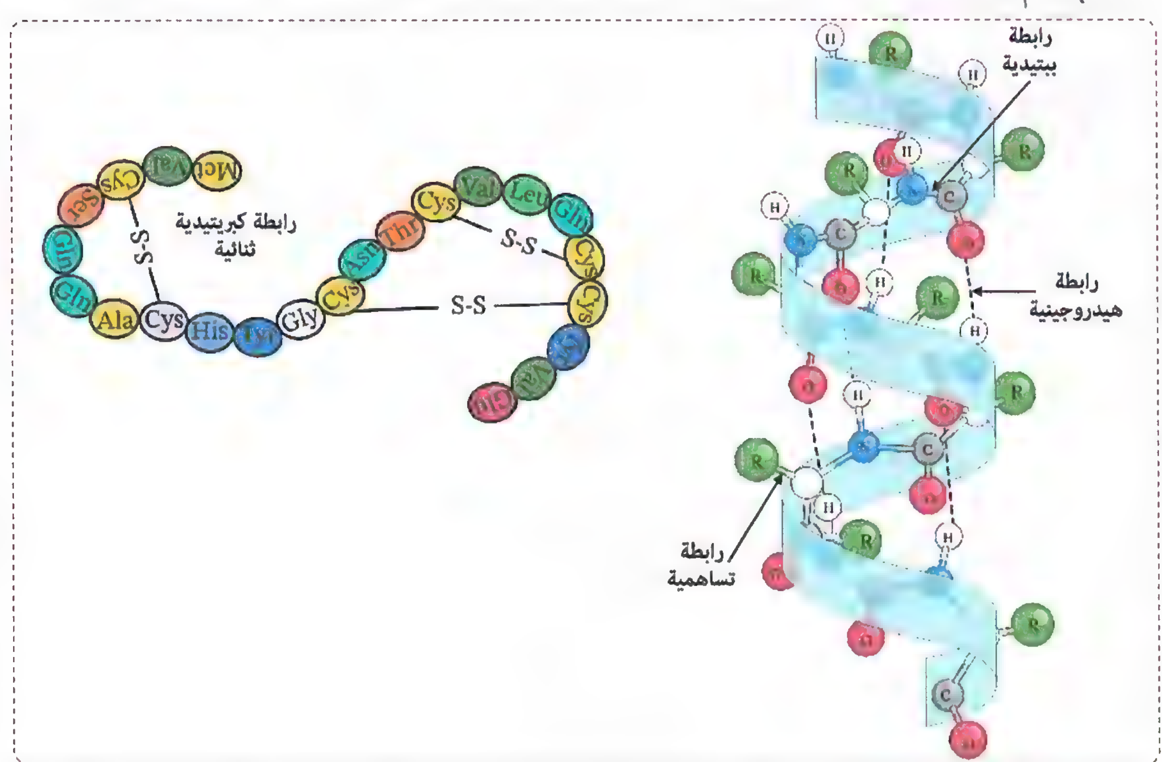
تركيب الحمض الأميني



تركيب الحمض الأميني

## للاطلاع فقط

- **أنواع الروابط الكيميائية الموجودة في تركيب البروتينات:**
  - روابط تساهمية بين الذرات وبعضها.
  - روابط ببتيدية بين الأحماض الأمينية وبعضها.
  - روابط هيدروجينية تتكون عندما تقع ذرة الهيدروجين بين ذرتين أعلى منها في السالبية الكهربية (مثل: F,O,N) ويعزي إليها اختلاف الشكل الفراغي للبروتينات عن بعضها .
  - روابط كبريتيدية ثنائية بين أحماض أمينية معينة وتوجد هذه الروابط في العديد من البروتينات الهامة مثل الأجسام المضادة.




**والسؤال الآن :** لماذا يوجد عدد لا حصر له من البروتينات التركيبية والتنظيمية بالرغم من وجود ٢٠ نوع فقط من الأحماض الأمينية ؟

- قد أرجع العلماء ذلك لعدة أسباب منها:

١ اختلاف أعداد وأنواع وترتيب الأحماض الأمينية في البوليمرات (عديدات الببتيد).

٢ عدد البوليمرات التي تدخل في بناء البروتين.

٣ الروابط الهيدروجينية الضعيفة التي تعطي الجزيء شكله المميز ثلاثي الأبعاد.

### ملحوظات

- الحمض الأميني (الجلايسين) هو أبسط الأحماض الأمينية؛ لأنه لا يحتوي على مجموعة ألكيل جانبية وإنما يحتوي على ذرة هيدروجين بديلا عنها .
- يرجع اختلاف البروتينات عن بعضها إلى اختلاف الأحماض الأمينية، بينما يرجع اختلاف الأحماض الأمينية عن بعضها إلى اختلاف مجموعة الألكيل.
- عدد الأحماض الأمينية الموجودة في الطبيعة أكثر من ٢٠ حمضًا بينما الأحماض الأمينية التي تدخل في تركيب البروتينات ٢٠ حمضًا أمينيًا فقط، حيث توجد أحماض أمينية غير بروتينية مثل الكانافنين التي تعمل كمواد واقية للنبات.

$$H-\overset{\displaystyle H}{\underset{\displaystyle NH_2}{C}}-COOH$$

الجلايسين

## الأحماض النووية الريبوزية (RNAs)

والآن بعد أن تعرفنا معا على التركيب الكيميائي للبروتينات وخصائصها.. هل خطر ببالك يوما كيف تستطيع الخلية تصنيع هذا الكم الهائل من البروتينات دون تداخل بينها وكيف يؤثر الحمض النووي DNA في بروتينات الخلية وكيف يترجم كل جين إلى صفة محددة مثل صفة لون العيون ؟

يعتبر الحمض النووي الريبوزي RNA حلقة الوصل بين الحمض النووي DNA وعملية تخليق البروتينات.

| | DNA | RNA |
|---|---|---|
| الشكل التوضيحي | سيتوازين C، جوانين G، أدينين A، ثايمين T | سيتوازين C، جوانين G، أدينين A، يوراسيل U |
| وجه الشبه | • يتكون كل منهما من سلسلة طويلة غير متفرعة من وحدات بنائية من النيوكليوتيدات.<br>• تتكون كل نيوكليوتيدة من (سكر خماسي - قاعدة نيتروجينية - مجموعة فوسفات).<br>• ترتبط مجموعة الفوسفات بذرة الكربون رقم (٥) في جزيء سكر إحدى النيوكليوتيدات وبذرة الكربون رقم (٣) في جزيء سكر النيوكليوتيدة السابقة ليتكون هيكل سكر فوسفات. | |
| عدد الأشرطة | يوجد غالبا في صورة لولب مزدوج (شريطين متكاملين) من النيوكليوتيدات. | يوجد غالبا في صورة شريط مفرد من الريبونيوكليوتيدات، ولكنه قد يكون مزدوجًا في بعض أجزائه كما في tRNA. |
| الكمية | ثابتة لا تتغير داخل الخلية. | متغيرة حسب نشاط الخلية. |
| مكان الوجود | ① النواة.<br>② بعض العضيات، مثل: الميتوكوندريا والبلاستيدات الخضراء. | يتكون بالنسخ من DNA داخل النواة ثم ينتقل إلى السيتوبلازم عبر ثقوب الغشاء النووي. |

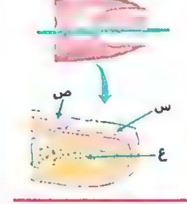
| | | |
|---|---|---|
| نوع السكر الخماسي | سكر الديوكسي ريبوز (ينقصه ذرة أكسجين عن سكر الريبوز عند ذرة الكربون رقم ٢). | سكر الريبوز. |
| القواعد النيتروجينية | • البيورينات: (أدينين A – جوانين G). <br> • البيريميدينات: (ثايمين T – سيتوزين C). | • البيورينات: (أدينين A – جوانين G). <br> • البيريميدينات: (يوراسيل U – سيتوزين C). |
| عدد قواعد البيورينات والبيريميدينات | متساوٍ. | غير متساوٍ بالضرورة. |
| الثبات الوراثي | ثابت لا يتحلل داخل الخلية. | يتم هدمه وإعادة بنائه باستمرار. |
| الوظيفة البيولوجية | ١ يمثل المادة الوراثية لمعظم الكائنات الحية. <br> ٢ يحمل الجينات المسئولة عن إظهار الصفات الوراثية. | ١ يمثل المادة الوراثية لبعض الفيروسات، مثل: فيروس الإيدز وشلل الأطفال. <br> ٢ يشارك في عملية تخليق البروتين. |
| الأنواع من الناحية التركيبية | نوع واحد فقط. | يوجد ٣ أنواع: <br> – الحمض النووي الرسول mRNA. <br> – الحمض النووي الناقل tRNA. <br> – الحمض النووي الريبوزي rRNA. |

## ملحوظات

- عدد أنواع النيوكليوتيدات التي تدخل في تركيب الأحماض النووية يساوي ٨ ؛ لاختلاف السكر الخماسي.
- عدد أنواع القواعد النيتروجينية التي تدخل في تركيب الأحماض النووية يساوي ٥.

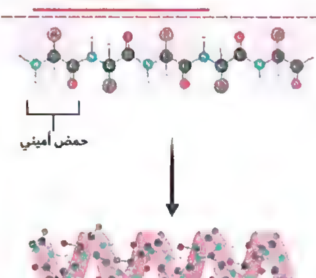
## أسئلة الأداء الذاتي:

١ من الشكل المقابل، أي الرموز التالية تشير إلى التركيب الذي يحتوي على الكولاجين بشكل أساسي ؟




Ⓐ (س) فقط
Ⓑ (ع) فقط
Ⓒ (س) و(ص)
Ⓓ (س) و(ص) و(ع)

٢ أي مما يلي يفسر حدوث التغيرات الموضحة بالشكل المقابل ؟

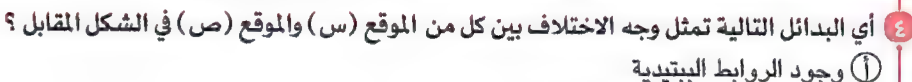



Ⓐ الروابط الببتيدية بين الأحماض الأمينية المكونة للبروتين
Ⓑ الروابط الكبريتيدية بين الأحماض الأمينية المكونة للبروتين
Ⓒ الروابط الببتيدية بين سلاسل عديدات الببتيد المكونة للبروتين
Ⓓ الروابط الهيدروجينية بين سلاسل عديدات الببتيد المكونة للبروتين

٣ أي البروتينات الآتية تدخل في تركيب الحراشيف في الزواحف والقشور في الأسماك

Ⓐ ميوسين Ⓑ أكتين Ⓒ كيراتين Ⓓ كولاجين

٤ أي البدائل التالية تمثل وجه الاختلاف بين كل من الموقع (س) والموقع (ص) في الشكل المقابل ؟



Ⓐ وجود الروابط الببتيدية

Ⓑ وجود درجة عالية من التخصص

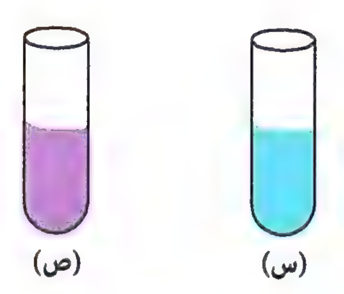
Ⓒ وجود الروابط هيدروجينية

Ⓓ عدد الأحماض الأمينية




٥ إذا علمت أن مادة البيوريت تتحول من اللون الأزرق إلى اللون البنفسجي في وجود البروتين وتم وضع كمية من مادة البيوريت في أنبوبتي اختبار (س)، (ص) وأضيف إلى كل منهما إفرازات بعض الغدد، فأي البدائل التالية تمثل الغدد المسئولة عن الإفراز المضاف لكل من الكأسين (س)، (ص) ؟

| | (س) | (ص) |
|---|---|---|
| Ⓐ | الغدد العرقية | الخلايا البينية |
| Ⓑ | قشرة الغدة الكظرية | البنكرياس |
| Ⓒ | الغدة النخامية | غدد جارات الدرقية |
| Ⓓ | الغدد اللعابية | الغدة الدرقية |




## أنواع الأحماض النووية الريبوزية (RNAs)

- يوجد ثلاثة أنواع من الحمض النووي RNA تسهم في بناء البروتين، وهم:

١- حمض RNA الرسول mRNA. ٢- حمض RNA الريبوسومي r-RNA

٣- حمض RNA الناقل t-RNA .

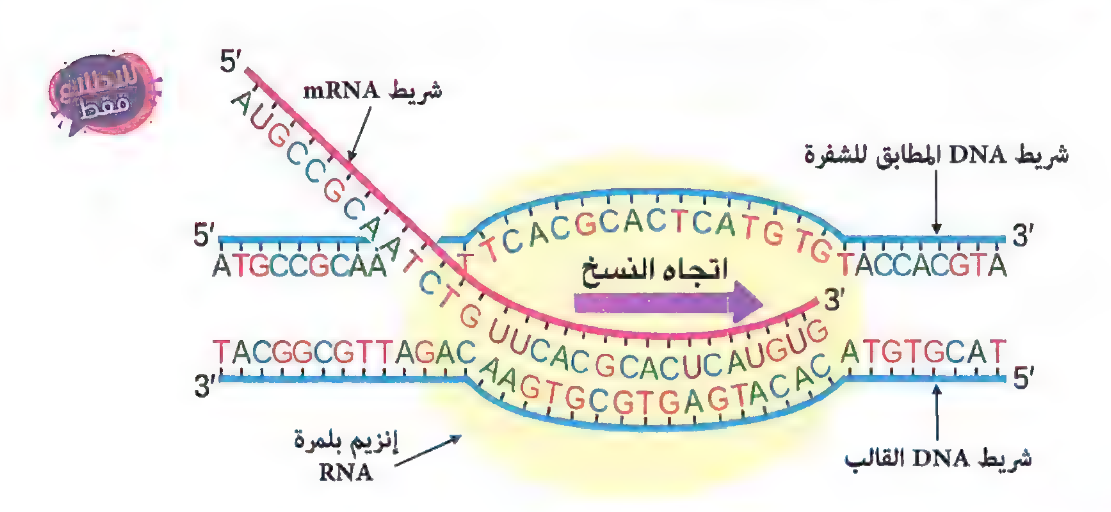
فيما يلي تفصيل ذلك:

### أ حمض RNA الرسول mRNA

✪ **مكان الوجود :** يتم نسخ mRNA من الـDNA في النواة ثم ينتقل إلى السيتوبلازم عند حاجة الخلية لتصنيع البروتين.

✪ **الوظيفة البيولوجية :** نقل الشفرة الوراثية من DNA في النواة إلى الريبوسومات في السيتوبلازم حيث تتم ترجمته إلى أحماض أمينية تدخل في تكوين البروتين.

## خطوات عملية نسخ حمض RNA الرسول




| الخطوات | الأحداث البيولوجية |
| --- | --- |
| البدء | ١ ينفك التفاف اللولب المزدوج عند موضع الجين المراد نسخه.<br>٢ يتعرف إنزيم بلمرة RNA على تتابع معين من النيوكليوتيدات يوجد على أحد شريطي DNA يعرف بـ«المحفز»، والذي يوجه إنزيم بلمرة RNA إلى الشريط الذي سينسخ منه mRNA.<br>٣ ينفصل شريطا DNA عن بعضهما البعض حيث يعمل أحدهما كقالب لبناء mRNA ويكون القالب في اتجاه (′3 ← ′5) فيقوم الإنزيم ببناء mRNA في اتجاه (′5 ← ′3). |
| الاستطالة | • يتحرك الإنزيم على امتداد جزيء DNA حيث يتم ربط الريبونيوكليوتيدات المتكاملة إلى شريط mRNA النامي واحدةً بعد الأخرى حتى تنتهي القطعة الجينية المراد نسخها. |
| الإنهاء | • تنتهي عملية النسخ بوصول إنزيم بلمرة RNA لأحد التتابعات التالية على DNA (ACT – ATC – ATT)، حيث ينفصل عن شريط DNA ويعاد التفاف DNA مرة أخرى ويتحرر mRNA الناتج لينتقل إلى السيتوبلازم. |

## تركيب جزيء mRNA




رسم تخطيطي لجزيء mRNA

- يتضح من الرسم أن جزيء mRNA الناضج يتكون من ٤ وحدات أساسية كالتالي:

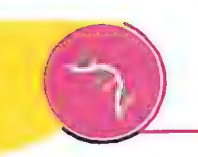
| الوحدة البنائية | مكان الوجود | الشفرة والترجمة | الأهمية البيولوجية |
|---|---|---|---|
| موقع الارتباط بالريبوسوم | بداية جزيء mRNA عند الطرف ′5. | لا يمثل شفرة وبالتالي لا يترجم إلى أحماض أمينية. | تتابع من النيوكليوتيدات يرتبط بتحت الوحدة الصغرى من الريبوسوم حيث يصبح أول كودون (كودون البدء)AUG متجهًا لأعلى وهو الوضع الصحيح للترجمة. |
| كودون البدء AUG | بداية جزيء mRNA بعد موقع الارتباط. | يمثل شفرة حمض الميثيونين. | يعطي إشارة لبداية تكوين عديد الببتيد. |
| كودون الوقف ويكون واحدا من ثلاثة (UGA، UAG، UAA) | نهاية جزيء mRNA. | يمثل شفرة ولكنه لا يترجم إلى حمض أميني محدد حيث تنتهي عنده عملية الترجمة. | تعطي إشارة عند النقطة التي يجب أن تقف عندها آلية بناء البروتين حيث يرتبط بأي منهم بروتين عامل الإطلاق لينتهي بناء سلسلة عديد الببتيد. |
| ذيل عديد الأدنين (يتكون من حوالي 200 أدينوزين) | نهاية جزيء mRNA بعد الطرف ′3 حيث يلي كودون الوقف. | لا يمثل شفرة وبالتالي لا يترجم إلى أحماض أمينية كما أنه يلي كودون الوقف الذي تنتهي عنده عملية الترجمة. | حماية mRNA من التحلل بواسطة الإنزيمات الموجودة في السيتوبلازم. |

## للاطلاع فقط

- الشريط القالب: شريط DNA الذي تستخدمه إنزيمات البلمرة لتكوين نيوكليوتيدات متكاملة ويكون في الاتجاه ′3 ⟵ ′5 ويمثل الشريط المكمل للشفرة على mRNA.
- الشريط المطابق للشفرة: شريط DNA الذي يكون له نفس تتابع النيوكليوتيدات على mRNA ماعدا اليوراسيل تكون ثايمين ويكون في الاتجاه ′5 ⟵ ′3.

## ملحوظات

- التتابع المكون لذيل عديد الأدنين لا يتم نسخه من DNA؛ لأن عملية النسخ تنتهي بوصول إنزيم البلمرة لكودون الوقف وإنما يتم إضافته لـ mRNA في النواة قبل خروجه للسيتوبلازم.
- تتم عملية النسخ لجزء فقط من DNA الذي يمثل الجين ولا تتم لشريط DNA كله.
- تتابع النيوكليوتيدات المكونة للمحفز لا تنسخ ولا تترجم، بينما تتابع النيوكليوتيدات التي تمثل كودونات الوقف تنسخ ولا تترجم.
- عدد أنواع إنزيمات البلمرة (DNA، RNA) في حقيقيات النواة يساوي **أربعة**، بينما عدد أنواع إنزيمات البلمرة في أوليات النواة يساوي نوعين فقط.
- أول شفرة توجد على شريط DNA بعد المحفز هي "TAC" والتي تنسخ إلى كودون البدء "AUG".
- كل جين على DNA يسبقه محفز خاص به وبالتالي يكون عدد الجينات مساويًا لعدد المحفزات.








– مما سبق يمكن استنتاج أوجه الشبه والاختلاف بين عملية نسخ حمض mRNA وعملية تضاعف DNA كالتالي :

| عملية التضاعف | | عملية النسخ |
|---|---|---|
| | وجه الشبه | |
| • تبدأ كل منهما بانفصال شريطي اللولب المزدوج عن بعضهما.<br>• كلاهما تتم بمساعدة إنزيمات البلمرة التي تعمل في اتجاه واحد فقط (٣َ←٥َ).<br>• يتم فيهما إضافة نيوكليوتيدات جديدة الواحدة تلو الأخرى على الشريط النامي. | | |
| • لا تقف عملية تضاعف DNA إلا بعد نسخ كل DNA الموجود في الخلية. | كمية DNA | • نسخ RNA الرسول يتم من خلال نسخ جزء فقط من DNA الذي يحمل الجين. |
| • يستخدم في هذه العملية إنزيم بلمرة DNA وإنزيم اللولب وإنزيمات الربط. | الإنزيمات المستخدمة | • يستخدم في هذه العملية إنزيم بلمرة RNA ولا تحتاج إنزيمات الربط. |
| • يعمل كل من شريطي DNA كقالب لبناء شريط آخر يتكامل معه. | الشريط المستخدم | أحد أشرطة DNA فقط والذي يكون في الاتجاه (٣َ←٥َ) يعمل كقالب لبناء mRNA. |
| • نيوكليوتيدة DNA تحتوي على سكر الدي أوكسي ريبوز(خماسي الكربون منزوع الأوكسجين ). | [illegible] | ريبونيوكليوتيدة تحتوي على سكر الريبوز خماسي الكربون . |
| • تتم هذه العملية قبل أن تبدأ الخلية في الانقسام. | توقيت الحدوث | • تتم هذه العملية باستمرار ولا ترتبط بانقسام الخلية. |
| • المحصلة النهائية لهذه العملية تعطي جزيئي DNA كاملين . | الناتج النهائي | • المحصلة النهائية لهذه العملية شريط مفرد من mRNA يحمل شفرات الأحماض الأمينية. |

– تختلف عملية نسخ حمض RNA وترجمته إلى البروتين المقابل في أوليات النواة عنه في حقيقيات النواة كما يلي:

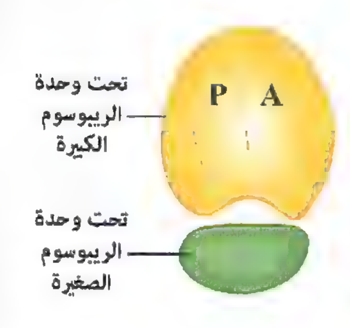
| عملية النسخ في أوليات النواة | مكان الحدوث | عملية النسخ في حقيقيات النواة |
|---|---|---|
| تتم في السيتوبلازم. | | تتم في النواة. |
| • يوجد نوع واحد فقط من إنزيمات بلمرة RNA ينسخ أنواع RNA الثلاثة. | الإنزيمات المستخدمة | • يوجد ٣ أنواع من إنزيمات بلمرة RNA يتخصص كل منها في نسخ أحد أنواع RNA. |
| • تحدث عملية الترجمة بشكل سريع نسبيا حيث يتم ترجمة mRNA إلى البروتين المقابل بمجرد بنائه من DNA حيث ترتبط الريبوسومات ببداية mRNA وتبدأ في ترجمته إلى بروتين، بينما يكون الطرف الآخر لجزيء mRNA ما زال في مرحلة البناء على القالب DNA. | توقيت حدوث الترجمة | تحدث عملية الترجمة بشكل بطئ نسبيا حيث لا يتم ترجمة mRNA إلى البروتين المقابل إلا بعد الانتهاء من بناء mRNA كاملاً في النواة وانتقاله إلى السيتوبلازم من خلال ثقوب الغشاء النووي. |




## ٢ دمـض RNA الريبوســومي rRNA

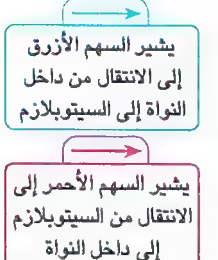
✪ **الوظيفـة البيولوجية:** يدخـل أربعـة أنـواع مختلفـة مـن rRNA مـع حوالـي ٧٠ نوعًـا مـن عديـدات الببتيـد فـي بنـاء الريبوســومات والتــي تعتبـر عضيـات تخليـق البروتيـن داخـل الخليـة.

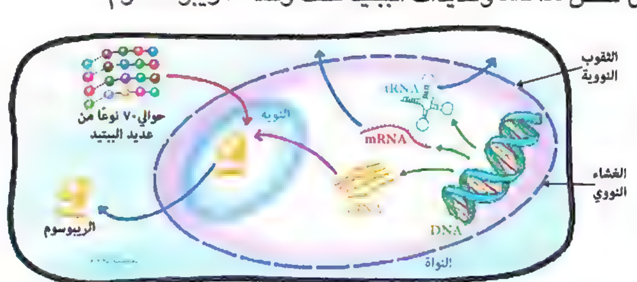
### الريبوسومات

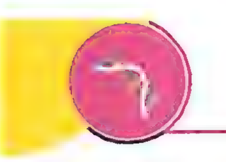
| | |
|---|---|
| مكان التكوين | تتكون في النوية (منطقة داخل النواة) في خلايا حقيقيات النواة. |
| مكان العمل | يعمل في السيتوبلازم. |
| معدل التكوين | معدل سريع، حيث يتم بناء آلاف من الريبوسومات في الساعة في خلايا حقيقيات النواة وذلك لأن DNA في حقيقيات النواة يحتوي على أكثر من ٦٠٠ نسخة من جينات RNA الريبوسومي الذي يشترك في بناء الريبوسومات التي تحتاج إليها الخلايا بكثرة. |
| التركيب الكيميائي | • أربعة أنواع من rRNA.<br>• حوالي ٧٠ نوعًا من عديد الببتيد. |
| التركيب الوظيفي | يتركب الريبوسوم من تحت وحدتين Subunits:<br>١ تحت وحدة الريبوسوم الكبيرة : تحتوى على موقعين:<br>• الأول: موقع الببتيديل (P).<br>• الثاني: موقع الأمينو أسيل (A).<br>٢ تحت وحدة الريبوسوم الصغيرة : ترتبط بجـزيء mRNA من جهة الطـرف ٥ في بداية تخليق البروتين.<br> |

### ملحوظات

• يتــم بناء البروتينــات التي تدخل في تركيب الريبوســـومات في الســـيتوبلازم ثم تنتقل عبر ثقوب الغشـــاء النـــووي إلى داخل النـــواة حيث يكون كل مـــن rRNA وعديدات الببتيد تحت وحدتا الريبوســـوم.



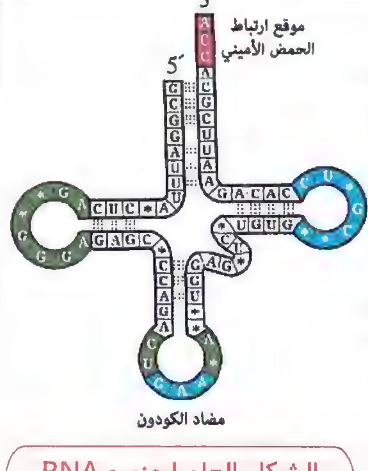




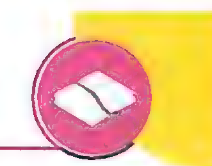

- أثناء عملية بناء البروتين يحدث تداخل بين mRNA الذي يوجد عليه الشفرة ، rRNA المكون للريبوسوم .
- عندمـــا لا يكون الريبوســـوم قائمًـــا بعمله في إنتـــاج البروتين فإن تحـــت الوحدتين تنفصـــلان عن بعضهمـــا البعض وتتحرك كل منهمـــا بحرية، وقـــد ترتبط كل تحت وحـــدة منهما بتحت وحـــدة أخرى من النوع المقابـــل عندما تبدأ عملية بنـــاء البروتين مرة أخرى.
- تحتـــوي وحدة الريبوســـوم الكبيرة على إنزيمـــات خاصة تلعـــب دورًا في تفاعل نقل الببتيديل الذي ينشـــأ عنـــه تكوين روابط ببتيدية بين الأحمـــاض الأمينية وبعضها في سلســـلة عديـــد الببتيد النامية.
- عـــدد الريبوســـومات الموجودة فـــي الخلية يعتبر مؤشـــرًا على نشـــاط الخلية فمثلا نشـــاط خلايا الغضاريف أقل من نشـــاط خلايا الأمعـــاء لأنها تحتوي على عـــدد أقل من الريبوســـومات.
- لا تســـتطيع الريبوســـومات وحدها أن تســـد حاجة الجســـم من الهرمونات؛ لأن الريبوســـومات مســـئولة عـــن تخليق الأنواع المختلفـــة من البروتينات داخـــل الخلايا وليســـت كل الهرمونات الموجودة في الجســـم بروتينية حيث توجـــد بعض الهرمونات التـــي تتكون من مواد دهنية والمعروفة بالإســـتيرويدات مثل هرمونات قشـــرة الغدة الكظرية (الســـكرية - المعدنية - الجنســـية) بالإضافة إلى هرمونات المناســـل فلا تســـتطيع الريبوســـومات تخليق مثل هـــذه الهرمونات.

## ٣ حمـــض RNA الناقـــل tRNA

| | |
|---|---|
| الحجم | أصغر الأحماض النووية الريبوزية حجمًا. |
| الأنواع | نظريا: يوجد أكثر من ٢٠ نوعًا من tRNA بحد أقصى ٦١ نوعًا . |
| عملية النسخ | ينسخ tRNA من جينات tRNA الموجودة على شكل تجمعات من (٧ - ٨) جينات على نفس الجزء من جزيء DNA بواسطة إنزيم بلمرة RNA. |
| الأهمية البيولوجية | نقل الأحماض الأمينية من السيتوبلازم إلى الريبوسومات أثناء تكوين البروتيـن حيث يكون لكل حمض أميني نوع خاص منtRNA يتعرف عليه ثم يقـوم بنقله إلا أن الأحماض الأمينية التي لها أكثر من شفرة يكون لها أكثر من نوع من tRNA. |
| الشكل العام للجزيء | لكل جزيئات tRNA نفس الشكل العام حيث تلتف أجزاء من الجزيء لتكون حلقات تحتفظ بشكلها بازدواج القواعد في مناطق مختلفة من الجزيء عن طريق تكوين روابط هيدروجينية وذلك لحمايته من التحلل بواسطة إنزيمات السيتوبلازم. |
| المواقع الفعالة على الجزيء | ١ موقع الارتباط بالحمض الأميني: يوجد عند الطرف ٣ من الجزيء ويتكون من تتابع ثلاثي ثابت CCA يرتبط به الحمض الأميني الملائم أثناء نقله للريبوسوم.<br>٢ موقع مضاد الكودون: يمثل تتابع معين يختلف من نوع لآخر يحدد تخصص tRNA تجاه الأحماض الأمينية المختلفة حيث تتزاوج قواعده مع كودونات mRNA المناسبة عند مركب mRNA والريبوسوم فيحدث ارتباط مؤقت بين tRNA وmRNA مما يسمح للحمض الأميني المحمول على tRNA أن يدخل في المكان المحدد له في سلسلة عديد الببتيد النامية. |




الشكل العام لجزيء RNA الناقل


**ملحوظات**

- يمكـن نظريًـا نقل tRNA مـن كائن حي لآخـر دون حدوث خلل وظيفـي وذلك لأن جميـع جزيئات tRNA لها نفس الشـكل العـام كمـا أن كل نوع مـن tRNA يتخصص في نقل نفـس الحمض الأمينـي في جميع الكائنـات الحية.

**للاطـلاع فقط**

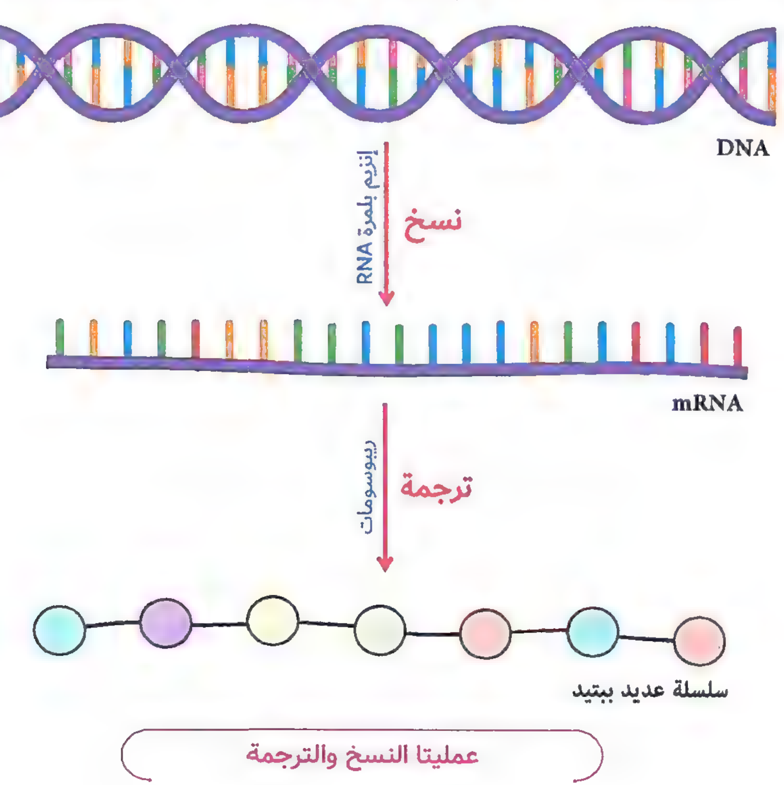
- تشير علامة النجمة الموجودة في القواعد النيتروجينية على الرسم إلى وجود قواعد جديدة مشتقة ثانوية تختلف في التركيب الكيميائي عن القواعد النيتروجينية المعروفة.
- شرائط RNA الناتجة من عملية النسخ مباشرة تكون غير ناضجة ويجري عليها بعد التعديلات في النواة قبل خروجها للسيتوبلازم في صورة وظيفية ناضجة مثل إضافة ذيل عديد الأدنين إلى mRNA لحمايته من التحلل بواسطة إنزيمات السيتوبلازم.
- القواعد النيتروجينية التي تدخل في بناء الأحماض النووية سواء أثناء التضاعف أو النسخ يتم تكوينها داخل الجسم من مصادر أولية أو ناتج إعادة تدوير القواعد النيتروجينية القديمة المهضومة.

## الشفرة الوراثية The Genetic Code

يحمل DNA مليارات النيوكليوتيدات التي تترتب في تتابع معين يسمى «جين» يتحكم في إظهار صفة وراثية معينة من خلال تكوين بروتين مخصص لكل جين.

**هل** تساءلت يوما ما الذي يجعل لون عينيك بنيا بينما يمتلك أخوك لونا أخضر للعيون مثلا ؟
لماذا تكره السمك دون باقي المأكولات ؟ قد يرجع ذلك إلى حدوث تغير في الجين المسئول عن تكوين مستقبلات الشم أو التذوق لديك يجعلك أكثر حساسية لمذاق السمك.

والسؤال الآن: كيف يتم فك شفرة هذه التتابعات على DNA ليتم ترجمتها إلى بروتينات ؟
تنسخ تتابعات DNA على شريط mRNA الذي يحمل كودونات تمثل شفرات للأحماض الأمينية التي ستضاف في سلسلة عديد الببتيد النامية وتتم عملية الترجمة بواسطة الريبوسومات في السيتوبلازم.




عمليتا النسخ والترجمة

## الشفرة الوراثية

تتابع النيوكليوتيدات في ثلاثيات على mRNA والتي تم نسخها من أحد شريطي DNA.

## خصائص الشفرة الوراثية

١ توجد على mRNA في صورة تتابعات ثلاثية من النيوكليوتيدات تسمى «كودونات» تتكامل مع تتابعات الجين على DNA مع استبدال قاعدة الثايمين بقاعدة اليوراسيل.

٢ كل كودون مخصص لحمض أميني واحد فقط بينما قد يكون للحمض الأميني الواحد أكثر من كودون ماعدا الميثيونين والتريبتوفان (أحماض أمينية لها كودون واحد فقط).

٣ أقصى عدد ممكن لأنواع الكودونات على mRNA يساوي ٦٤ كودون منها ٦١ كودون يمثل شفرة لحمض أميني معين و٣ كودونات لا تمثل شفرة لحمض أميني معين (كودونات الوقف)

٤ الشفرة الوراثية عالمية أو عامة وذلك لأن نفس الكودونات تمثل شفرات لنفس الأحماض الأمينية في جميع أنواع الكائنات الحية (فيروسات - فطريات - بكتيريا - نباتات - حيوانات) وهذا دليل قوي على أن جميع الكائنات الحية الموجودة على سطح الأرض قد نشأت عن أسلاف مشتركة وبالتالي يمكن اعتبار ذلك دليلا يؤيد نظرية التطور في بعض فروضها حيث إن الشفرة قد تكونت بعد فترة قصيرة من بدء الحياة واستمرت بدون تغير تقريبًا لملايين السنين.

٥ الشفرة الوراثية لا تتداخل مع بعضها أثناء عملية الترجمة حيث تتواجد في صورة ثلاثيات متتابعة يتم ترجمة كل منها على حدة ولا تستخدم نفس القاعدة مرتين أثناء ترجمة الكودون.

## الادلة على أن الشفرة الوراثية ثلاثية

| | عدد الأحماض الأمينية | نتيجة الفرضية | الشكل التوضيحي |
|---|---|---|---|
| أحادية | كل نيوكليوتيدة تمثل شفرة حمض أميني واحد وبالتالي فإن عدد الأحماض الأمينية يساوي ٤. | احتمال مرفوض لأنه لا يتناسب مع عدد الأحماض الأمينية العشرين التي تدخل في تكوين البروتين. | A<br>G<br>C<br>U |
| ثنائية | كل نيوكليوتيدتين تمثل شفرة حمض أميني واحد وبالتالي فإن عدد الأحماض الأمينية يساوي ٤٢ = ١٦. | احتمال مرفوض لأنه لا يتناسب مع عدد الأحماض الأمينية العشرين التي تدخل في تكوين البروتين. | AA AG AC AU<br>GA GG GC GU<br>CA CG CC CU<br>UA UG UG UU |

| | | |
|---|---|---|
| ثلاثية | كل ٣ نيوكليوتيدات تمثل شفرة حمض أميني واحد وبالتالي فإن عدد الأحماض الأمينية يساوي ٣٤ = ٦٤. | احتمال مقبول لأنه أكبر من عدد الأحماض الأمينية المطلوبة. |

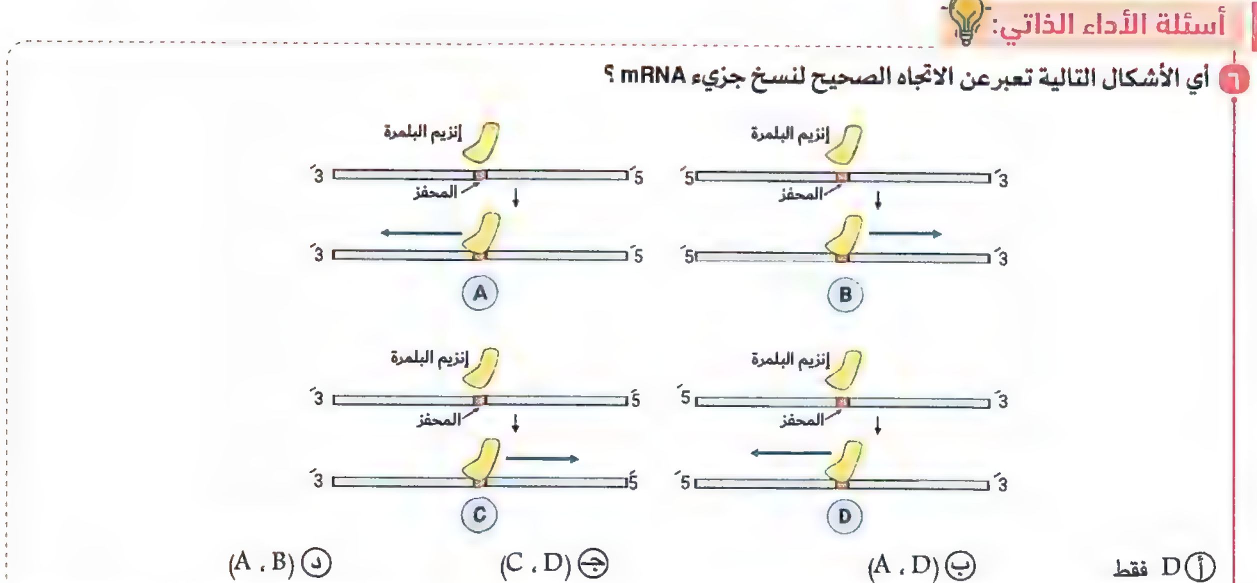
| AAA | GAA | CAA | TAA |
|---|---|---|---|
| AAG | GAG | CAG | TAG |
| AAC | GAC | CAC | TAC |
| AAT | GAT | CAT | TAT |
| AGA | GGA | CGA | TGA |
| AGG | GGG | CGG | TGG |
| AGC | GGC | CGC | TGC |
| AGT | GGT | CGT | TGT |
| ACA | GCA | CCA | TCA |
| ACG | GCG | CCG | TCG |
| ACC | GCC | CCC | TCC |
| ACT | GCT | CCT | TCT |
| ATA | GTA | CTA | TTA |
| ATG | GTG | CTG | TTG |
| ATC | GTC | CTC | TTC |
| ATT | GTT | CTT | TTT |

| القاعدة الأولى | القاعدة الثانية | | | | القاعدة الثالثة |
|---|---|---|---|---|---|
| | U | C | A | G | |
| U | **UUU**<br>Phenylalanine | **UCU**<br>Serine | **UAU**<br>Tyrosine | **UGU**<br>Cystein | U |
| | **UUC**<br>Phenylalanine | **UCC**<br>Serine | **UAC**<br>Tyrosine | **UGC**<br>Cysteine | C |
| | **UUA**<br>Leucine | **UCA**<br>Serine | **UAA**<br>STOP | **UGA**<br>STOP | A |
| | **UUG**<br>Leucine | **UCG**<br>Serine | **UAG**<br>STOP | **UGG**<br>Tryptophan | G |
| C | **CUU**<br>Leucine | **CCU**<br>Proline | **CAU**<br>Histidine | **CGU**<br>Arginine | U |
| | **CUC**<br>Leucine | **CCC**<br>Proline | **CAC**<br>Histidine | **CGC**<br>Arginine | C |
| | **CUA**<br>Leucine | **CCA**<br>Proline | **CAA**<br>Glutamine | **CGA**<br>Arginine | A |
| | **CUG**<br>Leucine | **CCG**<br>Proline | **CAG**<br>Glutamine | **CGG**<br>Arginine | G |
| A | **AUU**<br>Isoleucine | **ACU**<br>Threonine | **AAU**<br>Asparagine | **AGU**<br>Serine | U |
| | **AUC**<br>Isoleucin | **ACC**<br>Threonine | **AAC**<br>Asparagine | **AGC**<br>Serine | C |
| | **AUA**<br>Isoleucine | **ACA**<br>Threonine | **AAA**<br>Lysine | **AGA**<br>Arginine | A |
| | **AUG** (START)<br>Methionine | **ACG**<br>Threonine | **AAG**<br>Lysine | **AGG**<br>Arginine | G |
| G | **GUU**<br>Valine | **GCU**<br>Alanine | **GAU**<br>Asparagine | **GGU**<br>Glycine | U |
| | **GUC**<br>Valine | **GCC**<br>Alanine | **GAC**<br>Asparagine | **GGC**<br>Glycine | C |
| | **GUA**<br>Valine | **GCA**<br>Alanine | **GAA**<br>Glutamic acid | **GGA**<br>Glycine | A |
| | **GUG**<br>Valine | **GCG**<br>Alanine | **GAG**<br>Glutamic acid | **GGG**<br>Glycine | G |

للطلاب فقط

▶ Start
■ Stop

جدول الشفرات




## أسئلة الأداء الذاتي:

6 أي الأشكال التالية تعبر عن الاتجاه الصحيح لنسخ جزيء mRNA ؟

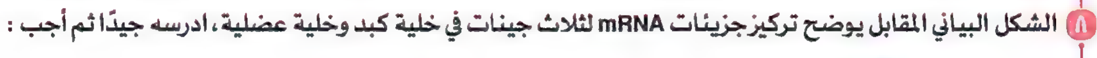
Ⓐ D فقط   Ⓑ (A ، D)   Ⓒ (C ، D)   Ⓓ (A ، B)



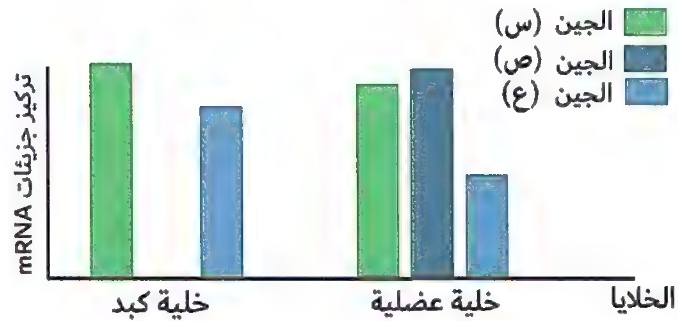
٧ الشكل المقابل يوضح بعض العمليات التي يمكن أن تحدث في .........




Ⓐ سيتوبلازم فطر الخميرة
Ⓑ نواة وسيتوبلازم الأميبا
Ⓒ سيتوبلازم إيشريشيا كولاي
Ⓓ نواة وسيتوبلازم كل من فطر الخميرة والأميبا



٨ الشكل البياني المقابل يوضح تركيز جزيئات mRNA لثلاث جينات في خلية كبد وخلية عضلية، ادرسه جيدًا ثم أجب :




أي البدائل التالية قد تفسر اختلاف تركيز جزيئات mRNA للجين (ص) في الخليتين ؟
Ⓐ خلايا الكبد لا تستطيع تكوين جزيئات mRNA لهذا الجين لعدم وجوده في DNA الخاص بها
Ⓑ الخلايا العضلية متعددة الأنوية بينما خلايا الكبد غالبا أحادية النواة
Ⓒ صعوبة وصول إنزيمات البلمرة لموقع المحفز الذي يسبق هذا الجين في خلايا الكبد
Ⓓ معدل إنتاج جزيئات ATP في خلايا الكبد أقل من الخلايا العضلية

٩ ادرس شريط mRNA الذي أمامك، ثم حدد :

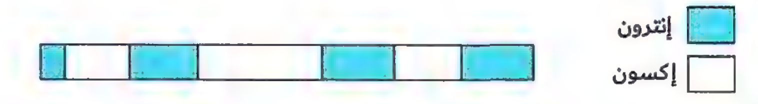
5`........AAAA AUG AAAAAAAAA UAA AAAAAA........3`

(س) (ص) (ع) (ل) (م)

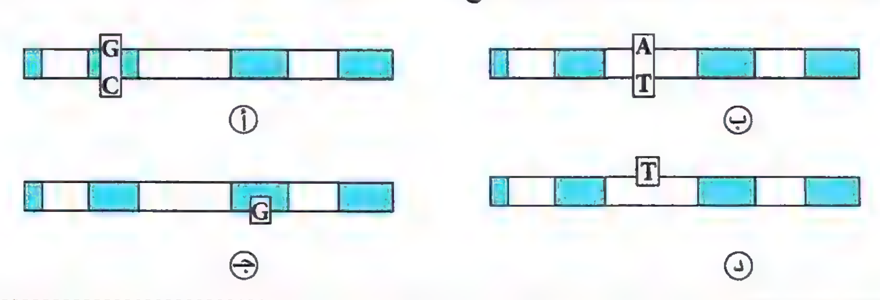
أي الأجزاء ترتبط مع مضاد الكودون في tRNA أثناء عملية الترجمة ؟

Ⓐ ص ، ع   Ⓑ ع ، ل   Ⓒ ل ، م   Ⓓ س ، ص

١٠ ادرس الرسم التالي الذي يوضح قطاعًا في أحد الجينات (DNA)، ويوضح أماكن تحمل شفرة تسمى (إكسون) وأماكن لا تحمل شفرة تسمى (إنترون) :




ما الرسم الذي يعبر عن حدوث عيب DNA يغير البروتين الناتج عن هذا الجين ؟



# تخليق البروتين Protein synthesis

| | |
|---|---|
| مكان الحدوث | تحدث في السيتوبلازم داخل الخلايا الحية. |
| التراكيب المستخدمة | • الريبوسومات. • حمض RNA الرسول mRNA. • حمض RNA الناقل tRNA. • أحماض أمينية. • بعض الإنزيمات. |
| المراحل | ① بدء عملية الترجمة. ② استطالة سلسلة عديد الببتيد. ③ توقف عملية بناء البروتين. |

خطوات تخليق البروتين

## آلية تخليق البروتين

تتم عملية الترجمة على ٣ خطوات أساسية كالتالي:

### أولاً بدء عملية الترجمة

① ترتبط تحت وحدة الريبوسوم الصغيرة بجزيء mRNA من جهة الطرف (٥) بحيث يكون أول كودون به AUG متجهًا إلى أعلى (وهو الوضع الصحيح للترجمة)

② تتزاوج قواعد مضاد الكودون لجزيء tRNA الخاص بالميثيونين مع كودون AUG وبذلك يصبح الميثيونين أول حمض أميني في سلسلة عديد الببتيد التي ستبنى.

③ ترتبط تحت وحدة الريبوسوم الكبيرة بالمركب السابق (تحت وحدة الريبوسوم الصغيرة وmRNA و tRNA) وعندئذ تبدأ تفاعلات بناء البروتين.

## ثانيًا استطالة سلسلة عديد الببتيد

**تبدأ سلسلة عديد الببتيد في الاستطالة في دورة تتكون من ثلاث خطوات:**

أ يرتبط مضاد كودون tRNA آخر بالكودون التالي على جزيء mRNA في موقع الأمينو أسيل (A) حاملاً الحمض الأميني الثاني في سلسلة عديد الببتيد.

ب • يحدث **تفاعل نقل الببتيديل** الذى ينتج عنه تكوين رابطة ببتيدية بين الحمض الأميني الأول والثاني بمساعدة إنزيم منشط للتفاعل عبارة عن جزء من تحت وحدة الريبوسوم الكبيرة.
• يصبح tRNA الأول فارغًا ويترك الريبوسوم وقد يلتقط ميثيونيًا آخر، أما tRNA الآخر يحمل الحمضين الأمينيين معًا.

ج • يتحرك الريبوسوم على امتداد mRNA بحيث يصبح موقع الأمينو أسيل (A) خاليًا ويصبح الحمض الأميني الثاني أمام موقع الببتيديل (P) على الريبوسوم.
• تبدأ الدورة مرة أخرى حيث يرتبط مضاد كودون tRNA مناسب بكودون mRNA جالبًا الحمض الأميني الثالث إلى الموضع المناسب على الموقع (A).
• ترتبط سلسلة عديد الببتيد النامية بالحمض الأميني الجديد القادم على جزيء tRNA الثالث ثم يتكرر التتابع.

**تفاعل نقل الببتيديل**

تفاعل كيميائي يحدث في الريبوسومات وينتج عنه تكوين رابطة ببتيدية بين حمض أميني والحمض الذى يليه بمساعدة إنزيم منشط للتفاعل عبارة عن جزء من تحت وحدة الريبوسوم الكبيرة.

## ثالثًا توقف عملية بناء البروتين

تقف عملية بناء البروتين عندما يصل الريبوسوم إلى كودون وقف على mRNA حيث يرتبط بروتين عامل الإطلاق بكودون الوقف مما يجعل الريبوسوم يترك mRNA وتنفصل تحت وحدتي الريبوسوم عن بعضهما البعض، وتتحرر سلسلة عديد الببتيد النامية.

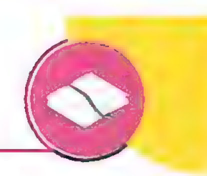
بمجرد أن يبرز الطرف ( ٥) لجزيء mRNA من الريبوسوم يرتبط به تحت وحدة ريبوسوم صغيرة جديدة لتبدأ دورة أخرى في بناء البروتين وهكذا.

**عامل الإطلاق**

بروتين يرتبط بكودون الوقف على جزيء mRNA مما يجعل الريبوسوم يترك mRNA وتنفصل تحت وحدتي الريبوسوم عن بعضهما البعض وتتحرر سلسلة عديد الببتيد المتكونة.

**ملحوظات**

• عادة ما يتصل بجزيء mRNA الواحد عدد من الريبوسومات قد يصل إلى مائة ريبوسوم حيث يترجم كل منها الرسالة بمروره على mRNA ويسمى في هذه الحالة «عديد الريبوسوم».






لاحظ أن : كلما كان الريبوسوم قريبًا من الطرف ٣ كلما كانت السلسلة البروتينية قد اقتربت من النهاية فتكون أطول من تلك المحمولة على الريبوسوم القريب من الطرف ٥.

## عديد الريبوسوم Polysome

اتصال جزيء mRNA واحد بعدد من الريبوسومات قد يصل إلى المائة ريبوسوم يترجم كل منها الرسالة بمروره على mRNA.

## استنتاجات

- الجزيء الذي يحمل لغتي الأحماض الأمينية والنيوكليوتيدات هو mRNA ، بينما الجزيء الذي يقرأ لغتي الأحماض الأمينية والنيوكليوتيدات هو tRNA .
- تلعب الجينات الموجودة على DNA دورًا مباشرًا وغير مباشرٍ في تخليق البروتين، حيث إن:
  - بعض جينات DNA تنسخ إلى mRNA يحمل شفرات يتم ترجمتها إلى تتابع من الأحماض الأمينية والتي تكون البروتين (دور مباشر).
  - بعض جينات DNA تنسخ إلى rRNA يدخل أربعة أنواع منه في بناء الريبوسومات والتي تعتبر عضيات تخليق البروتين داخل الخلية )دور غير مباشر).
  - بعض جينات DNA تنسخ إلى tRNA المسئول عن نقل الأحماض الأمينية من السيتوبلازم إلى الريبوسومات لتخليق البروتين (دور غير مباشر).

## ملحوظات

- تفاعل نقل الببتيديل يحدث عند موقع الببتيديل وليس موقع الأمينو أسيل في تحت وحدة الريبوسوم الكبيرة وذلك لأنها تحتوي على الإنزيم المنشط للتفاعل.
- يرتبط بروتين عامل الإطلاق بكودون الوقف عند موقع الأمينو أسيل وليس موقع الببتيديل وذلك لأنه يكون فارغا عند وصول الريبوسوم لكودون الوقف.
- اتجاه tRNA يكون في عكس اتجاه mRNA أثناء عملية الترجمة وذلك حتى تتكون الروابط الهيدروجينية بشكل سليم أثناء تعرف مضاد الكودون في tRNA على الكودون في mRNA.
- كل حركة للريبوسوم على mRNA تعادل مقدار كودون واحد فقط.
- يلاحظ من الصورة وجود مقص في نهاية عملية الترجمة وهو رمز لأحد الإنزيمات المسئولة عن فصل الحمض الأميني المثيونين بعد عملية الترجمة فليس من الضروري وجود المثيونين في كل سلاسل عديدات الببتيد المتكونة وإنما يمثل الكودون الخاص به إشارة لبدء عملية الترجمة فحسب.
- يتحرك الريبوسوم على شريط mRNA في اتجاه واحد فقط وهو ٥´ ⟵ ٣´.
- يكثر وجود مركبات عديد الريبوسوم في الخلايا النشطة التي تكون البروتينات بشكل مستمر مثل البنكرياس وخلايا الجهاز الهضمي بينما يقل وجودها نسبيا في الخلايا الأقل نشاطا مثل خلايا العظام والغضاريف.

- قد تحدث طفرة جينية نتيجة تغير في التركيب الكيميائي ولا ينشأ عنها بروتين مختلف؛
  - لأنه عند استبدال النيوكليوتيدة بأخرى على DNA قد تكون شفرة وراثية جديدة لنفس الحمض الأميني وذلك لأن بعض الأحماض الأمينية يكون لها أكثر من شفرة وعند نسخها تترجم إلى نفس الحمض الأميني فيظل تركيب البروتين كما هو.

أو

  - قد يحدث ذلك نتيجة استبدال النيوكليوتيدة بأخرى لإحدى التتابعات التي ينشأ عن نسخها كودون وقف بحيث يعطي شفرة أخرى تصلح أن تكون كودون وقف لأن ثلاثية شفرته على DNA قد تكون (ACT–ATT–ATC) وبالتالي لا يؤثر على البروتين الناتج.

## تطبيقات

- في شريط mRNA توجد القاعدة النيتروجينية اليوراسيل (U) بدلًا من القاعدة النيتروجينية الثايمين (T) الموجودة في DNA.
- الكودون يتكون من ٣ نيوكليوتيدات على شريط mRNA وبالتالي يكون:

$$\text{عدد الكودونات} = \frac{\text{مجموع نيوكليوتيدات mRNA}}{٣}$$

$$= \frac{\text{مجموع نيوكليوتيدات شريط DNA المفرد}}{٣}$$

$$= \frac{\text{مجموع نيوكليوتيدات جزيء DNA المزدوج}}{٦}$$

- أقصى عدد من أنواع الكودونات أو الشفرات على mRNA = ٣٤ =٦٤.
- أقصى عدد من أنواع الكودونات أو شفرات الأحماض الأمينية على mRNA = ٦٤ - ٣ (كودونات وقف) = ٦١.
- أقصى عدد محتمل من أنواع مضادات الكودونات على tRNA = ٦١.
- عدد الأحماض الأمينية الناتجة من ترجمة mRNA = عدد الكودونات على mRNA – ١ (كودون وقف).
- عدد الروابط الببتيدية في سلسلة عديد الببتيد = عدد الأحماض الأمينية – ١.

| ثلاثية الشفرة على DNA | الكودون على mRNA | مضادات الكودون على tRNA |
|---|---|---|
| TAC | AUG (كودون بدء) | UAC |
| ACT | UGA (كودون وقف) | لا يوجد مضاد كودون لكودون الوقف. |
| ATC | UAG (كودون وقف) | لا يوجد مضاد كودون لكودون الوقف. |
| ATT | UAA (كودون وقف) | لا يوجد مضاد كودون لكودون الوقف. |

## أمثلة

(١) إليك جين يحمل التتابعات التالية على أحد أشرطته: (الثانوية الأزهرية – دور أول – ٢٠١٧)

3΄..T–A–C–T–C–C–T–T–T–T–A–C–T–C–C–A–T–T.. 5΄

١- اكتب تتابع القواعد النيتروجينية على جزيء mRNA المنسوخ من الشريط السابق.
٢- كم عدد الأحماض الأمينية الناتجة من ترجمة جزيء mRNA.
٣- كم عدد أنواع الأحماض الأمينية الناتجة من ترجمة جزيء mRNA ؟
٤- كم عدد أنواع tRNA المستخدمة في ترجمة mRNA ؟ ولماذا ؟
٥- اكتب مضادات الكودونات على tRNA.
٦- كم عدد الروابط الببتيدية في سلسلة عديد الببتيد الناتجة ؟
٧- كم عدد اللفات الكاملة للجين ؟ مع تفسير إجابتك.

الإجابة:

١. 3′ ..... A-U-G-A-G-G-A-A-A-A-U-G-A-G-G-U-A-A ..... 5′

٢ـ ٥ أحماض أمينية. ٣ـ ٣ أنواع فقط.

٤- ٣ أنـواع فقط؛ لأن لـكل حمـض أمينـي نـوع خـاص مـن tRNA يتعـرف عليـه ثـم يقـوم بنقلـه ويرجـع ذلـك إلـى وجـود تكـرار فـي الشـفرتين AUG، AGG مرتيـن مـن نفـس التتابـع ولـكل منهمـا نفـس الشـفرة لنفـس الحمـض الأمينـي فيكـون لـكل منهمـا نـوع واحـد فقـط مـن tRNA وليـس نوعيـن.

٥ـ UAC – UCC – UUU – UAC – UCC

٦ـ عد الروابط الببتيدية = عدد الأحماض الأمينية – ١ = ٥ – ١ = ٤ روابط.

٧ـ عدد اللفات الكلى = $\frac{\text{عدد النيوكليوتيدات على شريط DNA}}{١٠}$ = $\frac{١٨}{١٠}$ = ١٫٨ لفة.

عدد اللفات الكاملة = ١ لفة فقط.

② لديك قطعة من جزيءDNA تحمل التتابعات التالية على أحد أشرطتها:

3′..... TAC GGA ACT CGT TAC ATT ..... 5′

١.اكتب تتابع النيوكليوتيدات في قطعة mRNA المنسوخة من هذه القطعة.

٢.احسب عدد الأحماض الأمينية الناتجة من عملية الترجمة، مع التفسير.

الإجابة

١ – 3′ ..... AUG CCU UGA GCA AUG UAA ..... 5′

٢- عـدد الأحمـاض الأمينيـة الناتجـة مـن عمليـة الترجمـة= ٢ فقـط؛ بسـبب وجـود كـودون وقـف فـي منتصـف التتابـع تنتهـي عنـده آليـة تخليـق البروتيـن بعـد ترجمـة شـفرتين فقـط وهـو الكـودون UGA حيـث يرتبـط بـه بروتيـن عامـل الإطـلاق ممـا يجعـل الريبوسـوم ينفصـل عـن mRNA وتتحـرر سلسـلة عديـد الببتيـد المتكونـة وذلـك قبـل وصـول الريبوسـوم إلـى كـودون الوقـف الموجـود فـي نهايـة التتابـع فتنتهـي عمليـة الترجمـة.

③ إذا علمـت أن كـودون حمـض الجلايسـين GGA وكـودون حمـض الأرجنين AGG وكـودون حمـض الجلوتاميك GAG، اكتـب ترتيـب القواعـد النيتروجينيـة في اللولـب المزدوج الـذى يعطـى الأحماض الثلاثة بنفس الترتيـب، مضيفًا إليهـم كـودون بدء وكـودون وقـف.

الإجابة

نبنى شريط mRNA أولًا كالتالي:

كودون بدء — كودون وقف

5′..... AUG GGA AGG GAG UAG ..... 3′

– شريط DNA: 3′..... TAC CCT TCC CTC ATC ..... 5′

– الشريط المكمل: 5′..... ATG GGA AGG GAG TAG ..... 3′

④ إذا علمت أنه ينتج عن ترجمة شريط mRNA سلسلة عديد ببتيد بها ٣٠٠ حمض أميني، احسب:

١– عدد النيوكليوتيدات الموجودة على mRNA

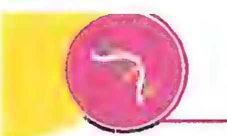
٢– عدد النيوكليوتيدات الموجودة على قطعة DNA المنسوخ منها هذا الشريط.

الإجابة

– عدد النيوكليوتيدات علي mRNA = (عدد الأحماض الأمينية X ٣) + ٣ (كودون وقف)

= (٣٠٠ X ٣) + ٣ = ٩٠٣ نيوكليوتيدة.

٢– عـدد النيوكليوتيـدات الموجـودة علـى قطعـة DNA = عـدد النيوكليوتيـدات علـى mRNA X ٢ = ٩٠٣ X ٢ = ١٨٠٦ نيوكليوتيدة.



## أسئلة الأداء الذاتي:

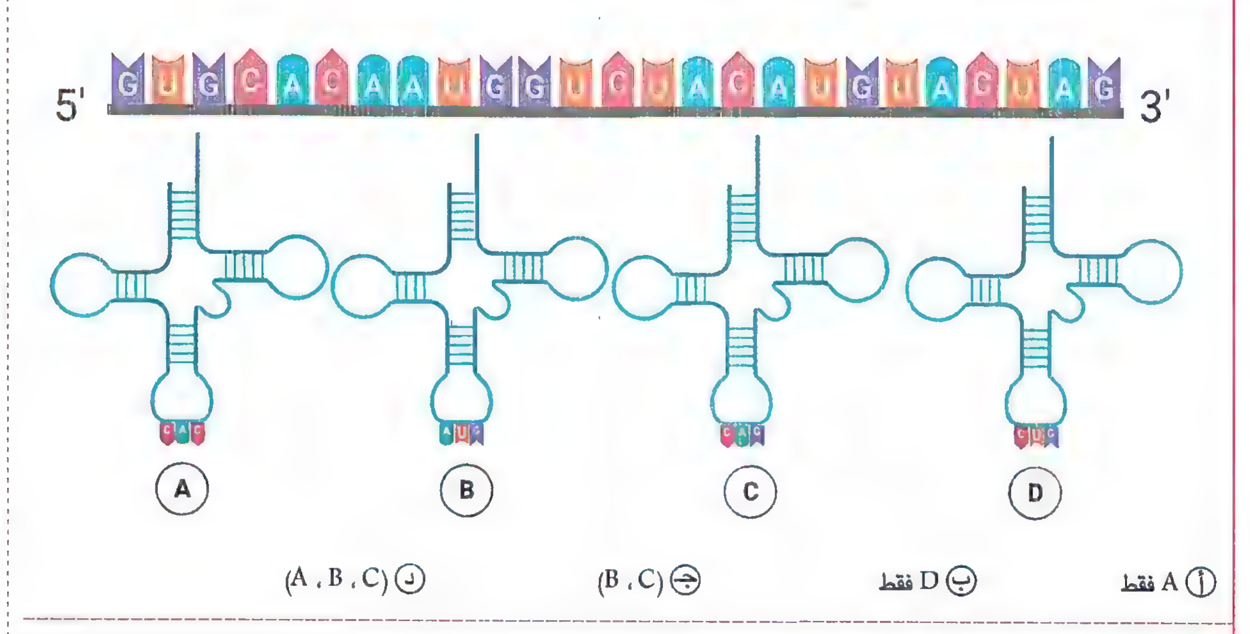
(١١) بعد دراسة الجين الموضح بالشكل التالي :

5′- ATGGCTGGGTAGTTTTAA -3′
3′- TACCGACCCATCAAAATT -5′

كم عدد الأحماض الأمينية الناتجة من نسخ وترجمة الجين ؟

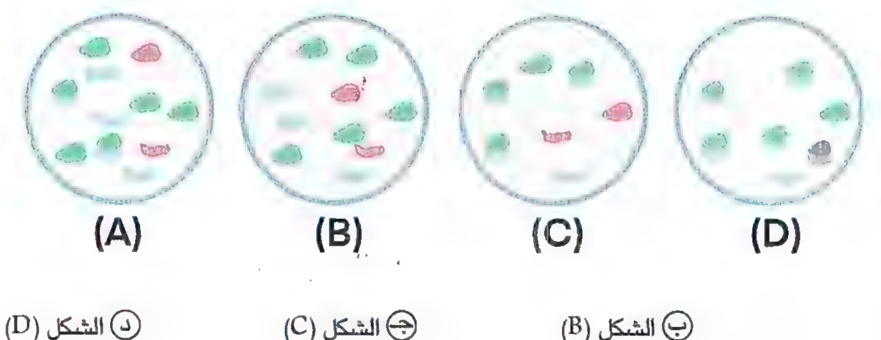
(أ) ٣ (ب) ٤ (ج) ٥ (د) ٦

(١٢) أي الجزيئات التالية تشارك في عملية ترجمة جزيء mRNA الموضح بالشكل المقابل ؟



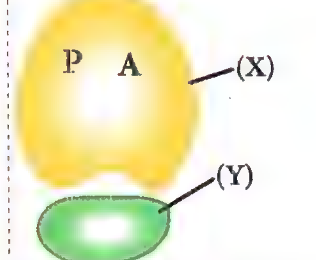

(أ) A فقط (ب) D فقط (ج) (B ، C) (د) (A ، B ، C)

(١٣) أي الأشكال التالية تمثل الخلية التي حدث لها طفرة في الجين المكون لبروتين عامل الإطلاق ؟




(أ) الشكل (A) (ب) الشكل (B) (ج) الشكل (C) (د) الشكل (D)

(١٤) أي العبارات التالية تنطبق على التركيب الموضح بالشكل المقابل ؟




(أ) الموقع (P) يستقبل جميع الأحماض الأمينية منذ بدء الترجمة
(ب) الموقع (A) يستقبل جميع الأحماض الأمينية منذ بدء الترجمة
(ج) الجزء (X) يتم بداخله تكوين جزيئات عضوية وأخرى غير عضوية
(د) الجزء (Y) يدخل في تكوينه عدد أكبر من البروتينات و rRNA مقارنة بالجزء (X)

**14** ما النتيجة التي تتوقع حدوثها نتيجة استبدال القاعدة (T) بالقاعدة (C) أثناء نسخ mRNA كما هو موضح بالشكل المقابل اعتمادًا على جدول الشفرات التالي ؟

3̀... TACTCTGTTAGAATC ...5̀

(أ) تتوقف عملية النسخ
(ب) تستمر عملية الترجمة ويتكون نفس البروتين
(ج) تتوقف عملية الترجمة
(د) تستمر عملية الترجمة ويتكون بروتين مختلف

**15** يمكن أن يتسبب حدوث طفرة في محفزجين بروتين "بيتا جلوبين" في إحداث مرض ثلاسيميا بيتا، وهي حالة وراثية تسبب فقر الدم، لماذا تؤدي الطفرات في منطقة المحفز إلى انخفاض مستويات الهيموجلوبين ؟

(أ) سلاسل الجلوبين الناتجة طويلة جدًا وبالتالي لا تكوّن هيموجلوبين فعال
(ب) سلاسل الجلوبين أقصر من أن تشكل هيموجلوبين فعال
(ج) يتم تصنيع عدد أقل من سلاسل الجلوبين لأن كمية أقل من mRNA يتم نسخها
(د) سلاسل الجلوبين لا يتم تعديل شكلها الفراغي جيدًا وبالتالي لا تكون فعالة








الفصل 2

الـــدرس الثاني

# التكنولوجيا الجزيئية (الهندسة الوراثية)

## التكنولوجيا الجزيئية (الهندسة الوراثية) Genetic engineering

أحـد مجالات العلـم الحديث الذي يهتم باستـخدام المـادة الوراثية في العديـد من التطبيقـات الحياتية لحل العجـز الجيني لخلايا الجسـم أو إنتاج جينـات تعمل بكفاءة أعلى بهـدف التغلب على المشـكلات الاجتماعية والاقتصاديـة والصحية والبيئية.

## أهم تطبيقات التكنولوجيا الجزيئية

١ عـزل جيـن مرغـوب فيـه وتكويـن ملاييـن النسـخ منـه داخـل خليـة بكتيريـة أو خلايـا فطـر الخميـرة مثـل جيـن إنتـاج هرمـون الأنسـولين لعـلاج مـرض البـول السـكري.

٢ مقارنـة التركيـب الجينـي داخـل خلايـا نفـس الفـرد أو خلايـا أفـراد مختلفـة لتشـخيص الأمـراض الوراثيـة أو الأمـراض الناتجـة عـن حـدوث طفـرات فـي تركيـب الجيـن.

٣ التحليل البيوكيميائي للمحتوى الجيني لمعرفة نوع وترتيب النيوكليوتيدات المكونة لكل جين.

٤ التعـرف علـى ترتيـب الأحمـاض الأمينيـة المكونـة لبروتيـن معيـن مثـل الأنسـولين وبالتالـي التوصـل إلـى ترتيـب النيوكليوتيـدات المكونـة للجيـن الـذي سينسـخ منـه البروتيـن.

٥ نقـل جينـات وظيفيـة مـن خلايـا إلـى خلايـا أخـرى سـواء نباتيـة أو حيوانيـة بهـدف تحسـين النسـل واكتسـاب صفـات وراثيـة جديـدة.

٦ **بناء جزيئات DNA حسب الطلب كالتالي:**

- في عام ١٩٧٩م :

تمكـن العالـم الهنـدي الأصـل (أمريكـي الجنسـية) خورانـا Khorana مـن إنتـاج جيـن صناعـي وإدخالـه إلـى خلايـا بكتيريـة.

- حديثًا:

يوجـد فـي المعامـل نظـم جينيـة يمكـن برمجتهـا لإنتـاج شـريط قصيـر مـن DNA يحتـوي علـى تتابـع النيوكليوتيـدات الـذي ترغـب فيـه وذلـك عـن طريـق إضافـة النيوكليوتيـدات المطلوبـة وإنزيـم البلمـرة فـي أنابيـب اختبـار داخـل مـكان مخصـص وبرمجـة الآلـة لربـط النيوكليوتيـدات ببعضهـا لتكويـن الجيـن المطلـوب.

٧ استخدام DNA المبني حسب الطلب في تجارب تخليق البروتين.

٨ دراسة تأثير الأحماض الأمينية على وظيفة البروتين عن طريق تغيير الشفرة الوراثية لاستبدال حمض أميني بآخر مثل التجارب التي أجريت على بروتين الأنسولين لتغيير بعض الأحماض الأمينية ونتج عن ذلك تغير بعض الخصائص الفيزيائية والكيميائية للأنسولين المخلق صناعيا كزيادة مدة عمله في الجسم وإمكانية حقنه مرة واحدة بدلًا من ٤ مرات يوميًا.

# تقنيات التكنولوجيا الجزيئية

## تهجين الأحماض النووية

تكوين جزئ حمض نووي يتكون من شريطين أحدهما من كائن حي والشريط المتكامل معه من كائن آخر أيا كان نوع الشريطين سواء DNA أو RNA.

### آلية الحدوث

| الخطوات | المشاهدة | الشكل التوضيحي |
|---|---|---|
| ١ تمزج أحماض نووية DNA من مصدرين مختلفين (نوعين مختلفين من الكائنات الحية مثل الإنسان والقرد). | — | لوالب مزدوجة أصلية للكائن (أ)<br>لوالب مزدوجة أصلية للكائن (ب) |
| ٢ ترفع درجة حرارة المزيج إلى 100 م | تتكسر الروابط الهيدروجينية الضعيفة الموجودة بين أزواج القواعد النيتروجينية المتكاملة فتنفصل جزيئات DNA إلى أشرطة مفردة غير ثابتة التركيب. | رفع درجة الحرارة<br>أشرطة مفردة |
| ٣ يترك الخليط ليبرد | يعاد تكوين الروابط الهيدروجينية مرة أخرى بشكل تلقائي حيث تميل الأشرطة المفردة للوصول لحالة الثبات فيحدث ازدواج للقواعد النيتروجينية المتكاملة بين الشرائط فتتكون بعض اللوالب المزدوجة الأصلية بالإضافة إلى عدد من اللوالب المزدوجة المهجنة (DNA مهجن) التي يتكون كل منها من شريط من كلا المصدرين. | التبريد<br>لوالب مزدوجة أصلية للكائن (ب)<br>لوالب مزدوجة مهجنة<br>لولب مزدوج أصلي للكائن (أ)<br>أشرطة مفردة للكائن (أ) |






**الاستنتاج (الأساس العلمي)**

**تتوقف شدة التصاق الشريطين في اللولب المزدوج على:**

- درجة التكامل بين تتابعات القواعد النيتروجينية ويمكن قياس شدة الالتصاق بمقدار الحرارة اللازم لفصل الشريطين عن بعضهما مرة أخرى فكلما كانت شدة الالتصاق كبيرة بين الشريطين زاد مقدار الحرارة اللازمة لفصلهما.
- يمكن استخدام قدرة الشريط المفرد لـDNA أو RNA على الالتصاق طويلاً في إنتاج لولب مزدوج هجين.



**ملحوظات**

- تتوقف درجة الحرارة اللازمة لفصل الشريطين عن بعضهما على درجة التكامل بين أزواج القواعد المتكاملة وعدد الروابط الهيدروجينية الموجودة بينها..
- وبالتالي فإن الأشرطة التي تحتوي على كمية كبيرة من قواعد الجوانين والسيتوزين تتطلب درجة حرارة أكبر من تلك التي تحتوي على كمية كبيرة من قواعد الأدنين والثايمين لأنها ترتبط معا بثلاث روابط هيدروجينية (عند تساوي العدد الكلي للنيوكليوتيدات في الشريطين).
- درجة الحرارة المستخدمة لفصل الشريطين عن بعضهما في تجارب التهجين غير كافية لكسر الروابط التساهمية بين أجزاء النيوكليوتيدات؛ لأنها روابط أقوى نسبيًا من الروابط الهيدروجينية وأكثر منها ثباتًا.
- DNA المهجن: عبارة عن لولب مزدوج يتكون من شريطين أحدهما من كائن حي والشريط المتكامل معه من كائن آخر.

## تطبيقات (استخدامات) DNA المهجن

**١ الكشف عن وجود جين معين وتحديد كميته داخل المحتوى الجيني لعينة ما، ويتم ذلك كالتالي :**

- يحضر شريط مفرد لتتابعات النيوكليوتيدات يتكامل مع أحد أشرطة الجين محل الدراسة وذلك باستخدام نظائر مشعة (حتي يسهل التعرف عليه بعد ذلك).
- يخلط هذا الشريط مع العينة غير المعروفة.
- نستدل على وجود الجين وكميته في الخليط بالسرعة التي تتكون بها اللوالب المزدوجة المشعة.

**مثل:**

- الكشف عن وجود أحد الجينات المرضية مثل الجين BRCA الذي يستدل منه على وجود أورام الثدي لدى النساء.

**٢ تحديد العلاقات التطورية بين الأنواع المختلفة من الكائنات الحية.**

- حيث إنه كلما تشابه تتابع النيوكليوتيدات الموجودة في DNA بين نوعين مختلفين من الكائنات الحية وزادت درجة التهجين بينهما، كلما كانت العلاقات التطورية بينهما أقرب.

**مثل:**

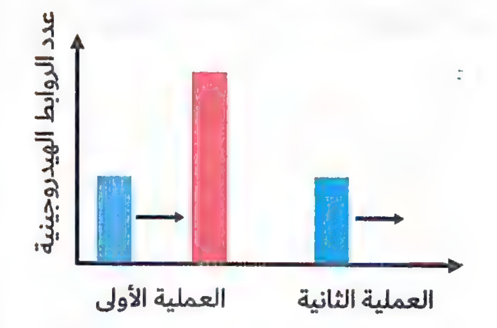
الاستدلال على نظرية التطور من خلال درجة القرابة العالية بين الإنسان والشمبانزي.

## أسئلة الأداء الذاتي:

**١** أي من جزيئات DNA التالية من شأنه أن ينفصل شريطاه في درجة حرارة أقل من جزيء آخر يحتوي ٤٠ زوجًا من القواعد النيتروجينية وبه نسب متساوية من القواعد الأربع ؟

Ⓐ جزيء يحتوي على ٥٠ زوجًا من القواعد، منها ٢٥٪ سيتوزين
Ⓑ جزيء يحتوي على ٤٠ زوجًا من القواعد، منها ٢٠٪ أدنين
Ⓒ جزيء يحتوي على ٤٠ زوجًا من القواعد، منها ٣٠٪ جوانين
Ⓓ جزيء يحتوي على ٣٠ زوجًا من القواعد، منها ٣٠٪ ثايمين

**٢** الشكل المقابل يوضح أحد التجارب التي أجريت على قطع DNA لكائنين مختلفين، ماذا تستنتج من دراسة نتيجة التجربة السابقة ؟

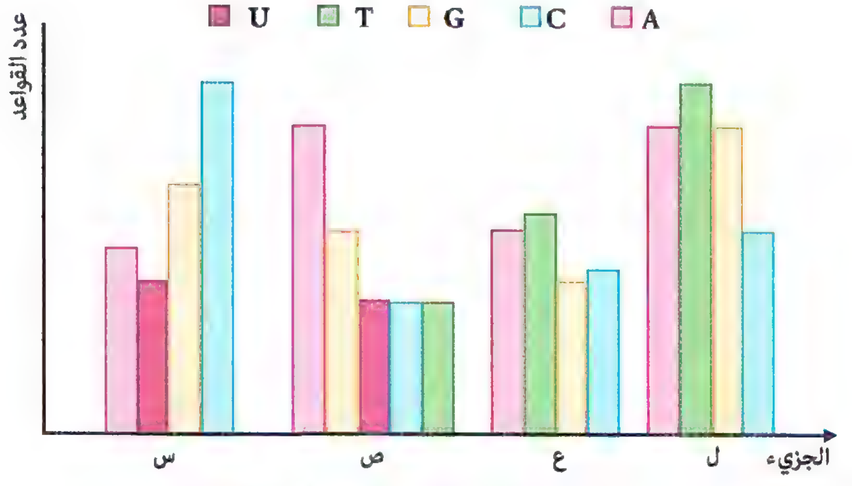

Ⓐ وجود تطابق بين تتابع النيوكليوتيدات في المحتوى الجيني للكائنين
Ⓑ الروابط الهيدروجينية قوية صعبة الكسر ومقاومة للحرارة
Ⓒ الكائنان لا ينتميان لنفس الشعبة في التصنيف الوراثي
Ⓓ تركيب DNA ثابت لا يتأثر بالتسخين أو التبريد

**٣** من خلال دراستك للشكل المقابل :
أي البدائل التالية تعبر عن درجة الحرارة التي تحدث عندها العمليتان الأولى والثانية في جزيء DNA لأحد خلايا الإنسان ؟

| | العملية الأولى | العملية الثانية |
|---|---|---|
| Ⓐ | ٣٧ درجة مئوية | ١٠٠ درجة مئوية |
| Ⓑ | ٣٧ درجة مئوية | ٣٧ درجة مئوية |
| Ⓒ | ١٠٠ درجة مئوية | ٣٧ درجة مئوية |
| Ⓓ | ١٠٠ درجة مئوية | ١٠٠ درجة مئوية |

عدد الروابط الهيدروجينية
العملية الأولى — العملية الثانية

**٤** يوضح التمثيل البياني الآتي عدد القواعد النيتروجينية المختلفة لعدة عينات من الأحماض النووية المهجنة. ادرس الشكل ثم أجب :




أي من هذه العينات تمثل ناتج تهجين الحمض النووي لكل من الأميبا وفيروس شلل الأطفال ؟

Ⓐ العينة (س) Ⓑ العينة (ص) Ⓒ العينة (ع) Ⓓ العينة (ل)

## إنزيمات القصر (القطع) البكتيرية

بروتينات محللة تكونها بعض سلالات البكتيريا والكائنات الدقيقة الأخرى لمقاومة الفيروسات المهاجمة لها عن طريق التعرف على مواقع معينة على DNA الفيروسي الغريب وتهضمه إلى قطع عديمة القيمة.

✪ **العدد:** استطاع العلماء -حتى الآن- عزل عدد كبير جدا من إنزيمات القصر من الكائنات الحية الدقيقة قد يصل إلى أكثر من ٢٥٠ نوعًا.

✪ **تاريخ اكتشافها:**

- **لاحظ** العلماء أن الفيروسات التي تنمو داخل سلالات معينة من بكتيريا (E.coli) يقتصر نموها على هذه السلالات فقط ولا تستطيع أن تنمو داخل سلالات أخرى.
- **في السبعينات من القرن الماضي** أرجع الباحثون عدم وجود هذه الفيروسات داخل سلالات أخرى من البكتيريا إلى أن هذه السلالات المقاومة للفيروسات تفرز إنزيمات تتعرف على مواقع معينة على جزيء DNA الفيروسي الغريب وتهضمه إلى قطع عديمة القيمة سميت فيما بعد بـ«إنزيمات القصر».
- **مع تطور وسائل التحليل البيوكيميائي** استطاع العلماء فصل عدد كبير من هذه الإنزيمات والتعرف على خصائصها والمقارنة بينها لمعرفة آلية عملها.

✪ **آلية عملها:**

١- يتعرف كل إنزيم من إنزيمات القصر على تتابع معين يوجد على DNA مكون من (٤ : ٧) نيوكليوتيدات يعرف بـ«موقع التعرف» بغض النظر عن مصدر DNA (بكتيري - فيروسي - نباتي - حيواني).

٢- يقص الإنزيم جزيء DNA عند هذا الموقع أو بالقرب منه بحيث يكون تتابع القواعد النيتروجينية على شريطي DNA عند موضع القطع هو نفسه عندما يقرأ التتابع على كل شريط في اتجاه ($5' \leftarrow 3'$) تاركا أطرافا لاصقة مفردة.

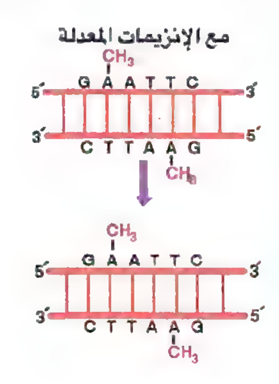
### ملحوظات

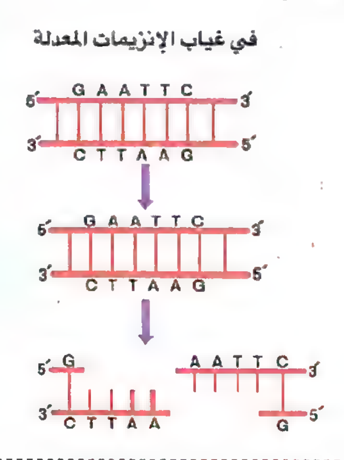
(١) إنزيمات القصر لا تتكون في البكتيريا إلا بعد إصابتها بالفيروس لذا يمكن اعتبارها أحد خطوط الدفاع المناعية التي تكونها البكتيريا لحماية نفسها من غزو الكائنات الممرضة.

(٢) لا تهاجم إنزيمات القصر البكتيرية الحمض النووي DNA الخاص بالبكتيريا رغم احتوائه على العديد من مواقع التعرف، وذلك لأن هذه الأنواع من البكتيريا تفرز إنزيمات معدلة تضيف مجموعة ميثيل CH3 إلى النيوكليوتيدات في مواقع جزيء DNA البكتيري التي تتماثل مع مواقع تعرف الفيروس مما يجعل DNA البكتيري مقاومًا لفعل هذه الإنزيمات وبذلك تحافظ الخلية البكتيرية على DNA الخاص بها من التحلل.

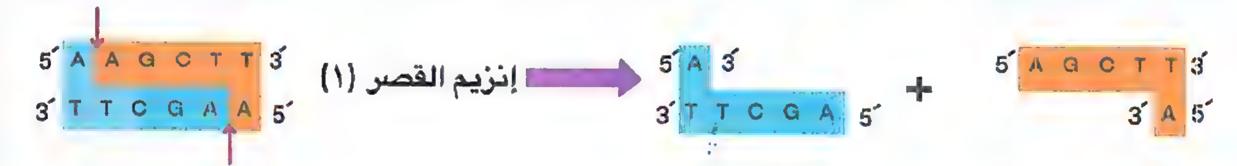
(٣) تفرز البكتيريا المقاومة للفيروسات الإنزيمات المعدلة أولا ثم إنزيمات القصر حتى لا تتحلل مادتها الوراثية.

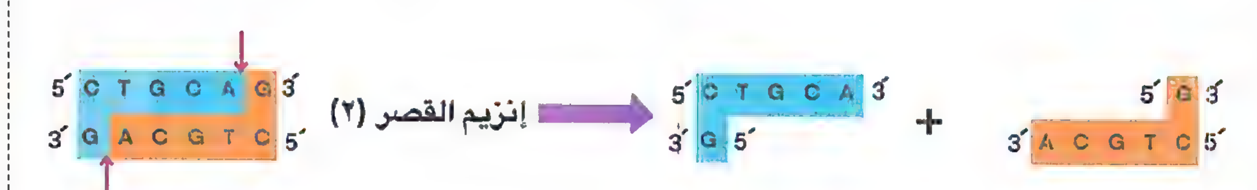
**إنزيمات القصر**



٤ لـكل إنزيم قصر القـــدرة على قطع جـــزيء DNA بغض النظر عن مصـــدره وذلك لأن كل جزيئـــات DNA تتكون من نفس النيوكليوتيـــدات الأربعة وبالتالي يســـتطيع إنزيـــم القصر قطع جزئ DNA بغـــض النظر عن مصدره (فيروســـي أو بكتيري أو نباتـــي أو حيواني) مـــا دام هذا الجزء يحتوي على نســـخة أو أكثر مـــن تتابعات التعرف.

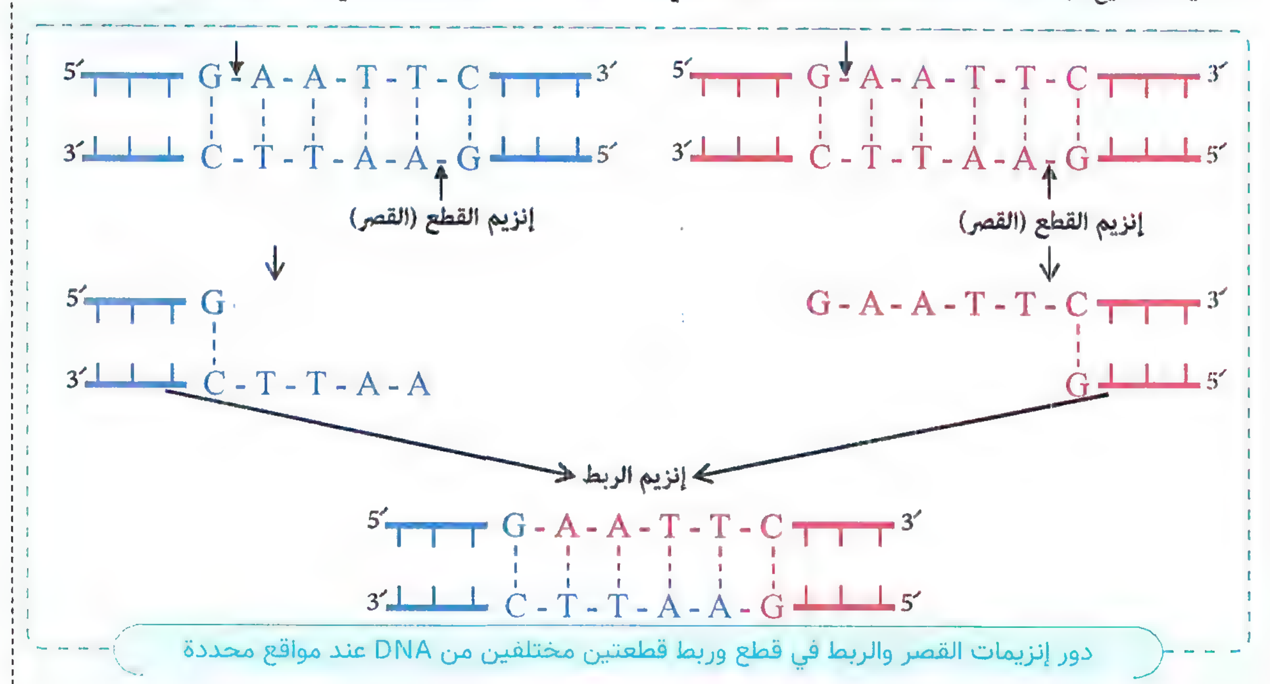



٥ إنزيمـــات القصر تعمل على تكســـير الروابـــط الهيدروجينية بيـــن أزواج القواعد المتكاملـــة والروابط التســـاهمية عند مواقع محددة علـــى DNA (مواقـــع التعرف) ، بينمـــا إنزيم الديوكســـي ريبونيوكليز يحلـــل DNA كله تحليلا كاملا إلى مســـتوى النيوكليوتيدات.

### دور إنزيمات القصر في تطبيقات الهندسة الوراثية:

- توفـــر وســـيلة لقص DNA إلى قطـــع معلومة النيوكليوتيـــدات مكونة «أطرافًـــا لاصقة» وهي عبارة عن أشـــرطة مفـــردة مائلة يمكن أن تتـــزاوج قواعدها مع أطـــراف قطعة أخرى لشـــريط آخر ينتج من اســـتخدام نفس الإنزيم علـــى أي DNA آخـــر ثم يتـــم ربط الشـــريطين معًا إلى شـــريط واحد باســـتخدام إنزيم ربط، وبهـــذه الطريقة يســـتطيع الباحـــث لصق قطعة معينـــة من جـــزيء DNA بقطعة أخرى من جـــزيء DNA آخر.




دور إنزيمات القصر والربط في قطع وربط قطعتين مختلفين من DNA عند مواقع محددة

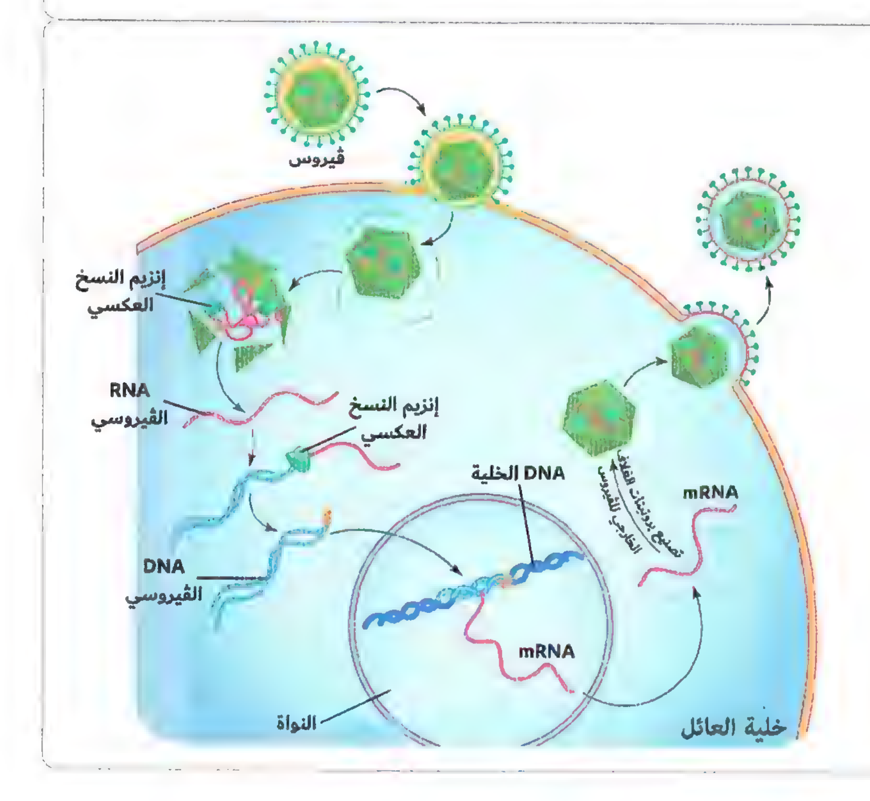
## استنساخ تتابعات DNA

الحصول على عدد كبير من النسخ لأحد الجينات المطلوبة كجين الأنسولين من خلال إضافته لمزرعة بكتيرية أو فطر الخميرة عن طريق البلازميد أو باستخدام وسائل تكنولوجية حديثة كجهاز PCR.

## طرق الحصول على تتابعات DNA (الجينات) المراد استنساخها

| الطريقة | الخصائص | الإنزيمات | الآلية |
|---|---|---|---|
| ① فصل DNA (من المحتوى الجيني للخلية) | • طريقة مباشرة.<br>• أكثر تعقيدًا.<br>• أقل دقة.<br>• يمكن من خلالها الحصول على ملايين النسخ من قطع DNA المراد استنساخها. | • إنزيمات القصر | – يتم الحصول على المحتوى الجيني للخلية (فصل كمية DNA الموجودة بها) باستخدام تقنيات مختلفة اشهرها إضافة الإيثانول المجمد إلى أنبوبة اختبار تحتوي على بعض خلايا الجسم<br>– يتم قص قطعة DNA (الجين) بواسطة إنزيمات القصر المخصصة لكل جين.<br>– يتم عزل الجين المراد استنساخه من الأنبوبة باستخدام تقنيات انتقائية مختلفة. |
| ② استخدام mRNA | • طريقة غير مباشرة.<br>• أقل تعقيدًا.<br>• أكثر دقة. | • إنزيمات النسخ العكسي<br>• إنزيمات بلمرة DNA | – يتم عزل mRNA من بعض الخلايا التي يكون بها الجين نشطًا، مثل:<br>• خلايا البنكرياس التي تُكون الأنسولين.<br>• الخلايا المولدة لكرات الدم الحمراء في نخاع العظام الأحمر التي تُكوِّن الهيموجلوبين.<br>– يتم استخدام mRNA كقالب لبناء شريط DNA يتكامل معه وذلك باستخدام إنزيم النسخ العكسي<br>– يتم بناء الشريط المتكامل مع شريط DNA المتكون بواسطة إنزيم بلمرة DNA فنحصل على لولب مزدوج من DNA يمكن استنساخه. |

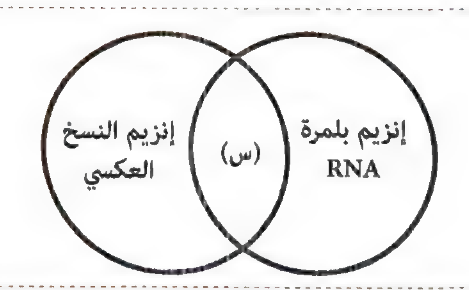
## إنزيم النسخ العكسي

| | |
|---|---|
| مكان الوجود | توجد شفرته في الفيروسات التي محتواها الجيني RNA مثل فيروس الإيدز. |
| الوظيفة | ضمان تضاعف الفيروسات داخل خلية العائل وذلك لاحتواء السيتوبلازم في خلية العائل على إنزيمات محللة لـRNA. |
| آلية العمل | تحويل المادة الوراثية للفيروس من RNA إلى DNA يرتبط بخلية العائل فلا يتحلل في السيتوبلازم لعدم وجود إنزيمات محللة لـDNA في السيتوبلازم. |
| التأثير على الروابط الكيميائية | تكوين روابط تساهمية بين النيوكليوتيدات المتجاورة على شريط DNA. |
| الشكل التوضيحي |  |



### أسئلة الأداء الذاتي:

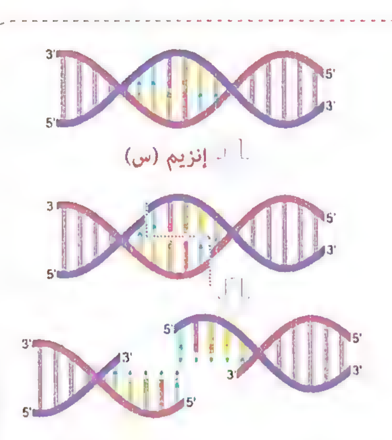
٥ من الشكل المقابل، إلام يشير الرمز (س) ؟




(أ) تكوين روابط تساهمية فقط
(ب) تكوين روابط هيدروجينية وأخرى تساهمية
(ج) إضافة قواعد يوراسيل للشريط الجديد
(د) إضافة قواعد ثايمين للشريط الجديد

⑥ ادرس الشكل المقابل جيدًا ثم أجب :

يعمل الإنزيم (س) بشكل طبيعي على المحتوى الجيني الخاص بـ .........




Ⓐ إيشريشيا كولاي
Ⓑ البكتيريوفاج
Ⓒ فيروس الإيدز
Ⓓ الخميرة

⑦ أي أزواج الكائنات الحية التالية يمكن معاملتها بنفس إنزيمات القصر للحصول على أطراف لاصقة متكاملة ؟

Ⓐ الفاج وفيروس الإيدز
Ⓑ إيشريشيا كولاي والخنزير
Ⓒ فيروس الإنفلونزا والخميرة
Ⓓ بكتيريا حمض اللاكتيك والكورونا

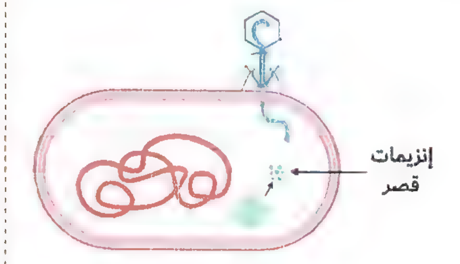
⑧ من خلال دراستك للشكل التالي :




أي البدائل التالية صحيحة ؟

| | قطعة DNA في الشكل (١) | قطعة DNA في الشكل (٢) | إنزيمي القصر |
|---|---|---|---|
| Ⓐ | للفيروس | للخلية البكتيرية في وجود الإنزيمات المعدلة | نوعين مختلفين |
| Ⓑ | للخلية البكتيرية في غياب الإنزيمات المعدلة | للخلية البكتيرية في وجود الإنزيمات المعدلة | نفس النوع |
| Ⓒ | للخلية البكتيرية في غياب الإنزيمات المعدلة | للفيروس | نفس النوع |
| Ⓓ | للخلية البكتيرية في وجود الإنزيمات المعدلة | للخلية البكتيرية في غياب الإنزيمات المعدلة | نفس النوع |

(٩) ما تفسيرك لتوقف تكاثر الفاج داخل الخلية البكتيرية الموضحة بالشكل المقابل ؟




(أ) تحلل الحمض النووى الريبوزى الخاص بالفيروس تحليلا كاملا
(ب) عدم وجود مستقبلات للفيروس على غشاء الخلية البكتيرية
(ج) غياب الريبوسومات اللازمة لتصنيع إنزيمات التضاعف الخاصة بالفيروس
(د) قطع الحمض النووى منقوص الأكسجين إلى أجزاء عند مواقع محددة

(١٠) الرسم يوضح مجموعة من البلازميدات وقطع DNA (سبق معاملتها بنفس إنزيم القصر البكتيري) فإذا لم تتواجد إنزيمات الربط خلال تلك العملية، ما الذي تتوقعه بالنسبة لارتباط هذه القطع مع البلازميدات ؟



(أ) تتكون الروابط التساهمية فقط
(ب) تتكون كل من الروابط التساهمية والهيدروجينية
(ج) تتكون الروابط الهيدروجينية فقط
(د) لا تتكون أي روابط

## طـرق استنسـاخ قطـع DNA

### ١ استخدام البلازميد أو الفاج

يعامل كل من الجين والبلازميد بنفس إنزيمات القصر حتى تتعرف على نفس مواقع التعرف وتقص DNA عندها مكونة نفس الأطراف اللاصقة فتتزاوج قواعد النهايات اللاصقة للبلازميد مع نهايات القواعد اللاصقة للجين المراد استنساخه بروابط هيدروجينية ثم يتم ربط الاثنين معًا بروابط تساهمية بنفس إنزيم الربط.

↓

يضاف البلازميد إلى مزرعة من البكتيريا أو خلايا الخميرة التي سبق معاملتها مسبقا بالحرارة وكلوريد الكالسيوم لزيادة نفاذيتها لـ DNA حيث تدخل البلازميدات إلى داخل الخلايا وكلما نمت هذه الخلايا وانقسمت تتضاعف البلازميدات مع تضاعف المحتوى الجيني للخلية.

↓

يتم تكسير الخلايا وتحرير البلازميدات منها وعليها قطع الجين المستنسخة.

↓

يتم إطلاق الجين من نفس البلازميدات باستخدام نفس إنزيمات القصر التي سبق استخدامها.

↓

يتم عزل الجينات بالطرد المركزي المفرق.

وبذلك يصبح لدى الباحث كمية كافية من الجينات المتماثلة يستطيع تحليلها لمعرفة تتابع النيوكليوتيدات بها أو زراعتها في خلايا أخرى أو استخدامها في تجارب التكنولوجيا الجزيئية.

قطعة من DNA

AAGCTT AAGCTT
TTCGAA TTCGAA

بلازميد

AAGCTT
TTCGAA
R

إنزيم القطع

إنزيم القطع

أطراف لاصقة

A TTCGA

AGCTT A

R

AGCTT A
A TTCGA

طرف لاصق

إنزيم الربط

A AGCTT TTCGA A
A AGCTT TTCGA A
R

بلازميد معاد الاتحاد

إدخال بلازميد معاد الاتحاد في خلية بكتيرية

DNA بكتيري

بكتريا منزوعة البلازميد

إدخال بلازميد معاد الاتحاد

تضاعف بلازميد معاد الاتحاد

استنساخ DNA

## ب استخدام جهاز Polymerase Chain Reaction (PCR)

**جهاز PCR**

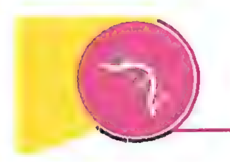
أحد الأجهزة الحديثة تم اختراعه بواسطة العالم الأمريكي كاري موليس عام ١٩٨٥ وأخذ عليه جائزة نوبل في الكيمياء.

جهاز PCR

- **آلية عمله:** مضاعفة قطع DNA آلاف المرات خلال دقائق باستخدام إنزيم تاك بوليميريز Taq Polymerase الذي يعمل عند درجة حرارة مرتفعة جدًا.
- **أشهر استخداماته:**
  1. معرفة ترتيب القواعد النيتروجينية في المحتوى الجيني وبالتالي سهولة تصنيف الكائنات الحية.
  2. تشخيص بعض الأمراض الوراثية الناتجة عن وجود خلل في التركيب الجيني قبل أو بعد الولادة.
  3. تشخيص بعض الأمراض الفيروسية مثل الإصابة بفيروس كورونا.
  4. البحث الجنائي وقضايا إثبات النسب أو نفيه.
- **عيوبه:** عدم إصلاح الأخطاء التي تحدث أثناء تضاعف قطع DNA لعدم وجود إنزيمات إصلاح عيوب DNA خارج الخلية.

- مقارنة بين إنزيم التاك بوليميريز وإنزيم بلمرة DNA:

| | إنزيم التاك بوليميريز | إنزيم بلمرة DNA |
|---|---|---|
| مكان الوجود | يتكون داخل نوع معين من البكتيريا التي تعيش في المياه الحارة ويتم استخراجه منها لاستخدامه في جهاز PCR خارج الخلايا. | يتكون داخل جميع الخلايا الحية سواء أوليات النواة أو حقيقيات النواة. |
| تأثير الحرارة | لا يتأثر بالحرارة العالية ويعمل في وجودها، ودرجة حرارته المثلى ٧٢ درجة مئوية. | يتأثر بالحرارة العالية ولا يعمل في وجودها. |
| الوظيفة | مضاعفة قطع DNA آلاف المرات خلال عدة دقائق في جهاز PCR. | تضاعف DNA داخل الخلية عن طريق بناء أشرطة DNA الجديدة وذلك بإضافة نيوكليوتيدات جديدة والربط بينها من البداية ٥ إلى النهاية ٣ لشريط DNA الجديد. |
| التأثير على الروابط الكيميائية | تكوين روابط تساهمية بين النيوكليوتيدات المتجاورة على شريط DNA والتي بدورها تكون روابط هيدروجينية مع النيوكليوتيدات المقابلة على الشريط الآخر. | |







## DNA معاد الاتحاد

عملية إدخال جزء من DNA الخاص بكائن حي إلى خلايا كائن حي آخر.

يتخيل بعض العلماء أنه قد يأتي الوقت الذي يمكن فيه إدخال نسخًا من جينات طبيعية إلى بعض الأفراد المصابة بعض جيناتهم بالعطب وبذلك نزيل عنهم المعاناة ونعفيهم من الاستخدام المستمر للعقاقير لعلاج النقص الوراثي..

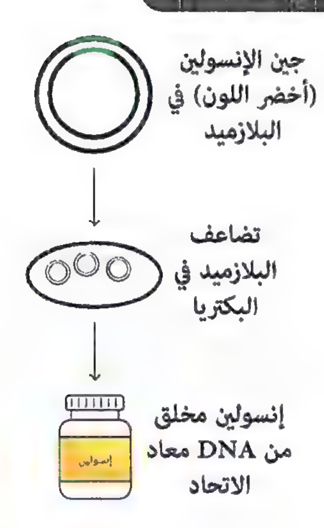
**ومن الواضح أن هذه** التكنولوجيا قد تكون خطرة جدًا لو استخدمت لتحقيق أغراض أخرى ولذلك هناك من يعارضون بشدة استمرار البحث في هذا المجال.

## التطبيقات العملية لتكنولوجيا DNA معاد الاتحاد

### في مجال الطب

إنتاج بروتينات مفيدة على نطاق تجاري واسع، مثل:

#### ١ إنتاج هرمون الأنسولين البشري الذي يحتاجه يوميًا ملايين البشر المصابين بمرض السكر




- رخصت الولايات المتحدة الأمريكية استخدام الأنسولين المعد بتكنولوجيا DNA معاد الاتحاد عام ١٩٨٢م لأول مرة.
- كان يتم استخلاص الأنسولين قبل ذلك من بنكرياس المواشي والخنازير وهذه العملية طويلة ومرتفعة التكلفة.
- تمكن العلماء من إدخال جينات الأنسولين داخل خلايا بكتيرية وبذلك أصبحت البكتيريا نفسها منتجة للأنسولين.
- الأنسولين البشري الذي تنتجه البكتيريا ما زال مرتفع التكلفة إلا أنه أفضل لبعض المرضى الذين لا يتحملون الفروق الطفيفة بين الأنسولين البشري وأنسولين الأنواع الأخرى.
- مع تحسين طرق الإنتاج قد يصير الأنسولين البكتيري أقل تكلفة.

#### ٢ إنتاج الإنترفيرونات Interferones.

- **الإنتاج:** إدخال جينات الإنترفيرونات البشرية داخل خلايا بكتيرية وبذلك تصبح البكتيريا منتجة للإنترفيرونات وقد بلغ عدد هذه الجينات حوالي ١٥ چينًا.
- **الأهمية:** وقف تضاعف الفيروسات خاصة التي يكون محتواها الچيني RNA مثل الإنفلونزا وشلل الأطفال والإيدز حيث تنطلق الإنترفيرونات من الخلايا المصابة بالفيروس إلى الخلايا المجاورة لها لتعمل على وقايتها من مهاجمة الفيروس.
- **الآمال حول الإنترفيرونات:** تخيل العلماء أنه يمكن استخدامها في علاج بعض الأمراض الفيروسية بالإضافة إلى بعض أنواع السرطان ولكن الدراسات المبدئية لاستخدام الإنترفيرون في علاج السرطان كانت مخيبة للآمال وقد يرجع ذلك لمشاكل تقنية يمكن التغلب عليها فيما بعد.
- **التكلفة:** كان الإنترفيرون المستخدم في الطب حتى عام ١٩٧٠م يستخلص بصعوبة من الخلايا البشرية لذلك كان نادر الوجود ومرتفع الثمن، وقد تمكن الباحثون في مصانع الأدوية في الثمانينات من إدخال ١٥ چينا بشريًا للإنترفيرون داخل خلايا بكتيرية وبذلك أصبح الإنترفيرون الآن وفيرًا ورخيص الثمن نسبيًا.

## في مجال الزراعة

قد يتمكن الباحثون الزراعيون في القريب العاجل من:

١ إدخال جينات مقاومة المبيدات العشبية وبعض الأمراض الهامة لنباتات المحاصيل

٢ عزل ونقل الجينات الموجودة في النباتات البقولية والتـي تُمكنهـا مـن اسـتضافة البكتيريـا القـادرة علـى تثبيـت النيتروجيـن الجـوي فـي جذورهـا) إلـى نباتـات محاصيـل أخـرى لا تسـتطيع اسـتيعاب هـذه البكتيريـا، ومـن ثـم يمكـن الاسـتغناء عـن إضافـة الأسـمدة النيتروجينيـة عاليـة التكلفـة والتـي تسـبب تلويـث الميـاه فـي المناطـق الزراعيـة.

### للاطلاع فقط

- تستطيع بعض النباتات البقولية استضافة نوع معين من البكتيريا على العقد الجذرية الخاصة بها حيث تنشأ بينهما علاقة تبادل منفع mutualism تتمثل في:
  - حصول البكتيريا على الكربوهيدرات كمصدر تغذية من العقد الجذرية للبقوليات.
  - تحويل البكتيريا النيتروجين الجوي الموجود في صورة غازية (لا تستطيع النباتات البقولية امتصاصه) إلى نيتروجين عضوي في صورة بروتينات تتحلل بعد ذلك لتعطي النيتروجين المعدني في صورة أملاح النترات أو الأمونيا مثلا يمكن لهذه النباتات امتصاصه والاستفادة به.

## ج في مجال التجارب والأبحاث

لقد تمكن الباحثون من:

١ زرع جين لون الياقوت الأحمر للعيون من سلالة من ذبابة الفاكهة (الدروســوفيلا) فـي خلايـا مقـرر لهـا أن تكـون أعضـاء تكاثريـة لجيـن مـن سـلالة أخـرى وعندمـا نمـت الأجنـة إلـى أفـراد انتقـل إليهـا الجيـن الـذي أضفـى علـى الأجيـال الناتجـة عـن هـذه الأفـراد صفـة لـون الياقـوت الأحمـر للعيـون بـدلاً مـن اللـون البنـي.

٢ إدخال جين يحمل شفرة هرمون النمو من فأر من النوع الكبير (أو من انسان) الى فئران من النوع الصغير

فنمت هذه لفئران الصغيرة إلى ضعف حجمها الطبيعي، وقد انتقلت هذه الصفة إلى الأجيال التالية.

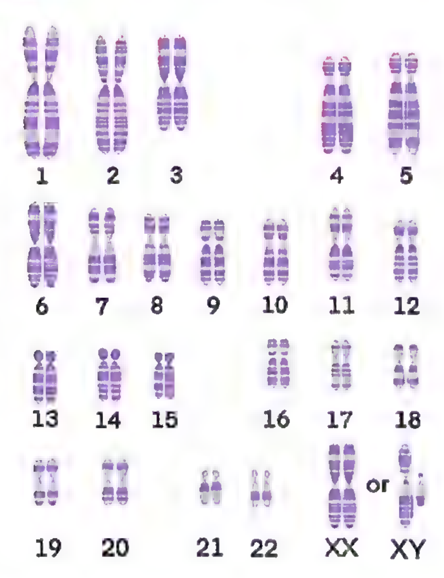
### القلق من مخاطر DNA معاد الاتحاد

يعتري بعـض العلمـاء القلـق لأنـه مـن المحتمـل أن يتـم إدخـال جيـن مسـئول عـن إنتـاج مـادة سـامة خطرة داخـل خلايـا بكتيريـة وإطلاقهـا فـي العالـم ولكـن هـذا الاحتمـال ضعيـف ؛ لأنـه علـى الرغـم مـن أن سـلالات البكتيريـا المسـتخدمة فـي تجـارب DNA معـاد الاتحـاد هـي E.coli التـي تعيـش فـي أمعـاء الإنسـان إلا أن السـلالة المسـتخدمة فـي التجـارب لـم تعـش داخـل جسـم الإنسـان لعـدة آلاف مـن الأجيـال وقـد تغيـرت هـذه البكتيريـا فأصبحـت غيـر قـادرة علـى الحيـاة إلا فـي منازلهـا مـن أنابيـب الاختبـار.



## الجينوم البشري

المجموعـــة الكاملـــة مـــن الجينـــات الموجـــودة على كروموســـومات الخليـــة البشـــرية.




فـــي الخمســـينيات من القـــرن الماضي، كان أفضل اكتشـــاف بيولوجي هو إثبات واطســـون وكريك عـــام ١٩٥٣ أن الجينـــات عبارة عن لولب مـــزدوج من الحمـــض النووي DNA.
بعدها بدأ العلماء في البحث عن الجينات وتوالت الاكتشافات.

↓

في عام ١٩٨٠ م ظهرت فكرة الجينوم البشري وتعرف العلماء على حوالي ٤٥٠ جينًا من الجينات البشرية.

↓

في منتصف الثمانينات توصل العلماء إلى ١٥٠٠ جينًا بعضها:

- يسبب زيادة الكوليسترول في الدم (أحد أسباب مرض القلب).
- يمهد للإصابة بالأمراض السرطانية.

↓

حديثًا : توصـــل العلماء إلى وجـــود من ٦٠ : ٨٠ ألف جين في الإنســـان موجـــودة على ٢٣ زوج من الكروموســـومات وتعـــرف المجموعة الكاملة للجينات بالجينوم البشـــري وتم اكتشـــاف أكثـــر من نصف هذه الجينـــات حتى الآن.

### ملحوظات

ترتب الكروموســـومات من رقم (١) : (٢٣) حســـب الحجـــم فيما يعرف بـ«الطرز الكروموســـومي» ولا يخضع الكروموســـوم (X) لهذا الترتيب لأنه كروموســـوم جنســـي وباقي الكروموســـومات جســـدية لذلك فهو يلي الكروموســـوم الســـابع في الحجم ولكنه يترتب في نهاية الكروموســـومات ويحمـــل الرقم (٢٣).

### ✪ أمثلة لموضع الجينات التي تم تحديدها على الكروموسومات في الإنسان:

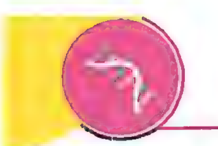
| الجين | • جين البصمة. (جين الطب الجنائي) | • جينات فصائل الدم. | • الجيـــن المســـئول عـــن تكويـــن الأنســـولين. • الجيـــن المســـئول عـــن تكويـــن الهيموجلوبيـــن. | • جين عمي الألوان. • جيـــن الهيموفيليـــا (ســـيولة الـــدم). |
|---|---|---|---|---|
| الموضع | الكروموســـوم الثامن | الكروموسوم التاسع | الكروموسوم الحادي عشر | الكروموسوم (X) |

## استخدامات الجينوم البشري

1. معرفة الجينات المسببة للأمراض الوراثية الشائعة والنادرة.
2. معرفة الجينات المسببة لعجز بعض الأعضاء عن أداء وظائف الجسم.
3. الاستفادة منه في المستقبل في صناعة العقاقير والوصول إلى عقاقير بلا آثار جانبية.
4. دراسة تطور الكائنات الحية من خلال مقارنة الجينوم البشري بغيره من جينات الكائنات الحية الأخرى.
5. تحسين النسل من خلال التعرف على الجينات المرضية في الجنين قبل ولادته والعمل على تعديلها.
6. تحديد خصائص وصفات أي إنسان يعيش على سطح الأرض من خلال فحص خلية جسدية أو حيوان منوي، فيمكن من خلال الجينوم البشري أن نرسم صورة لكل شخص بكل ملامح وجهه.

## أهم الإنزيمات في باب البيولوجيا الجزيئية

| الإنزيم | الأهمية البيولوجية | التأثير على الروابط الكيميائية |
|---|---|---|
| الديوكسي ريبونيوكليز | إثبات أن DNA هو المادة الوراثية وليس البروتين. | تكسير الروابط التساهمية والهيدروجينية وبالتالي يعمل على تحليل DNA تحليلا كاملا إلى مستوى نيوكليوتيدات مفردة. |
| اللولب | يشارك في تضاعف DNA في أوليات وحقيقيات النواة. | تكسير الروابط الهيدروجينية بين أزواج القواعد المتكاملة فيفصل اللولب المزدوج إلى شرائط مفردة. |
| بلمرة DNA | يشارك في تضاعف DNA في أوليات وحقيقيات النواة. | تكوين روابط تساهمية بين النيوكليوتيدات المتجاورة والتي بدورها تكون روابط هيدروجينية مع النيوكليوتيدات المتقابلة بشكل تلقائي. |
| الربط | • يشارك في تضاعف DNA في أوليات وحقيقيات النواة.<br>• إصلاح عيوب DNA.<br>• يلعب دور هام في الهندسة الوراثية. | تكوين روابط تساهمية بين النيوكليوتيدات المتجاورة والتي بدورها تكون روابط هيدروجينية مع النيوكليوتيدات المتقابلة بشكل تلقائي. |
| بلمرة RNA | نسخ الـDNA إلى RNA. | تكوين روابط تساهمية بين الريبونيوكليوتيدات المتجاورة. |





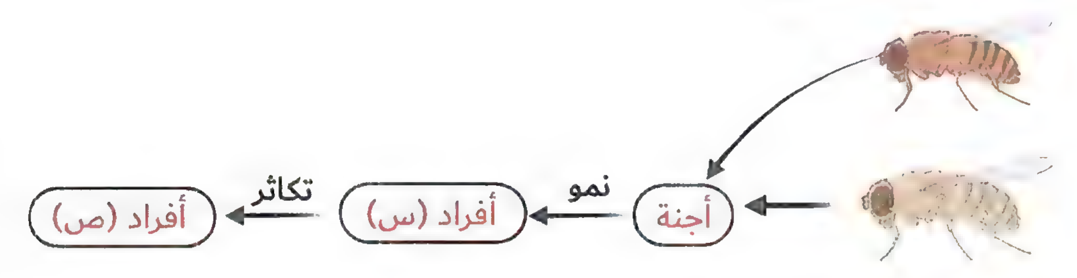




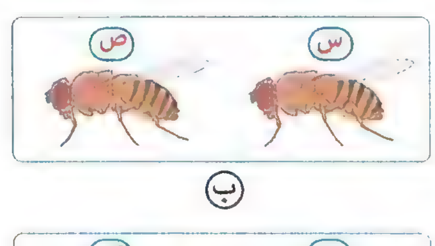
| | | |
|---|---|---|
| الإنزيم المنشط لتفاعل نقل الببتيديل | يشارك في تخليق البروتين أثناء عملية ترجمة mRNA. | تكوين روابط ببتيدية بين الأحماض الأمينية وبعضها لتكوين سلسلة عديد ببتيد. |
| القصر | • حماية البكتيريا والكائنات الدقيقة من مهاجمة الفيروسات لها.<br>• تستخدم في تجارب استنساخ تتابعات DNA. | تكسير الروابط التساهمية والهيدروجينية عند مواضع محددة على DNA تعرف بمواقع التعرف. |
| النسخ العكسي | • تضاعف الفيروسات التي محتواها الجيني RNA في خلية العائل.<br>• يستخدم في تجارب استنساخ تتابعات DNA. | تكوين روابط تساهمية بين النيوكليوتيدات المتجاورة أثناء تكوين DNA من RNA . |
| إنزيم التاك بوليميرز | مضاعفة DNA في جهاز PCR. | تكوين روابط تساهمية بين النيوكليوتيدات المتجاورة والتي بدورها تكون روابط هيدروجينية مع النيوكليوتيدات المتقابلة بشكل تلقائي. |

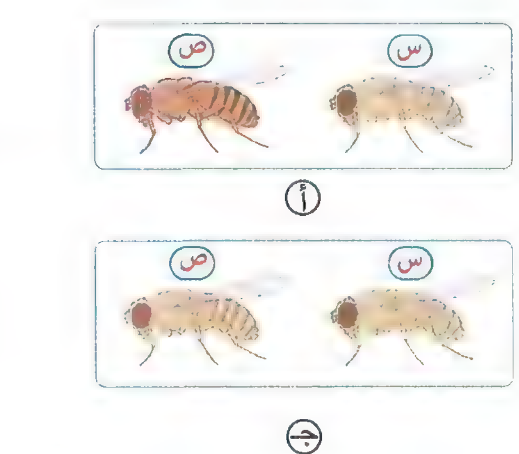
## أسئلة الأداء الذاتي:

(11) من خلال دراستك للتجربة التي قام بها العلماء على حشرة الدروسوفيلا في مجال تكنولوجيا DNA معاد الاتحاد والموضحة بالشكل المقابل، أجب عن السؤال التالي :

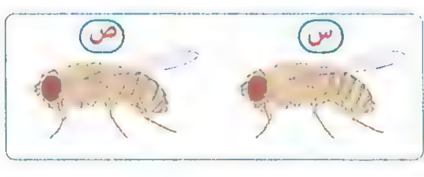



أي من الأشكال التالية تعبر عن الأفراد (س) و(ص) ؟



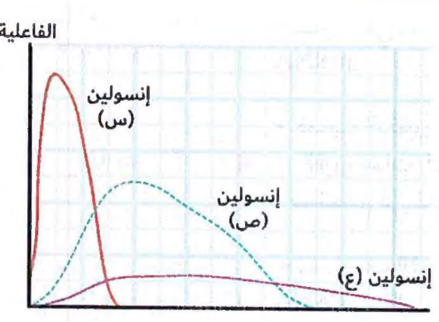

ب




د



١٢ تُستخدم الهندسة الوراثية لإنتاج أنواع مختلفة من الإنسولين لعلاج مرضى البول السكري، الرسم البياني التالي يوضح فاعلية ٣ أنواع منها، ادرسه جيدًا ثم أجب :




١) أي هذه الأنواع يمكن أن يستخدمه طبيب الطوارئ لعلاج مريض في حالة غيبوبة سكر نتيجة عدم التزامه بتناول وجبات منخفضة الكربوهيدرات ؟

Ⓐ (س) Ⓑ (ص)
Ⓒ (ع) Ⓓ خليط من (ص) و(ع)

٢) أي الخيارات التالية يعبر بشكل أفضل عن الجرعة المناسبة من هذه الأنواع تبعًا لدرجة التزام المريض بالنظام الغذائي لمريض السكر؟

| | المريض | نوع الإنسولين | الجرعة |
|---|---|---|---|
| Ⓐ | ملتزم | إنسولين (س) | ٣ مرات يوميًا |
| Ⓑ | غير ملتزم | إنسولين (ص) | مرة واحدة يوميًا |
| Ⓒ | ملتزم | إنسولين (ع) | مرة واحدة يوميًا |
| Ⓓ | غير ملتزم | إنسولين (ع) | مرتين يوميًا |

١٣ الشكل المقابل يعبر عن إحدى تطبيقات تكنولوجيا DNA مُعاد الاتحاد، ادرسه جيدًا ثم استنتج :

أي البدائل التالية يمثل الوظيفة البيولوجية لهذه التقنية ؟

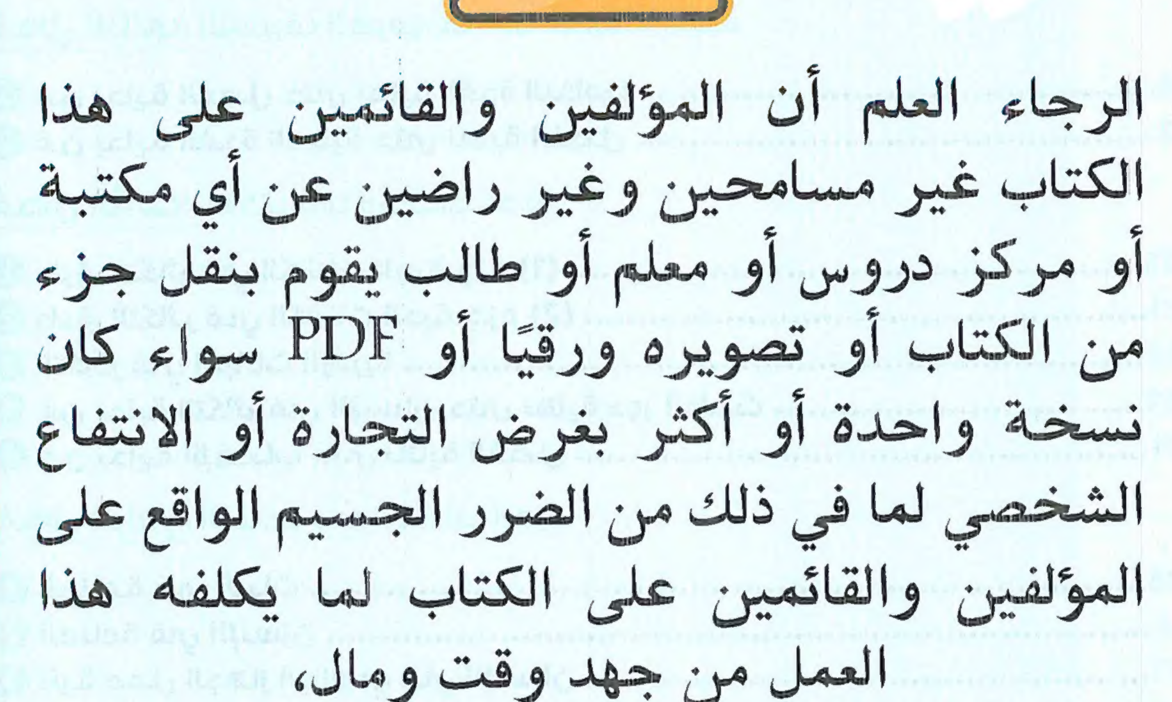
Ⓐ يكسب النباتات البقولية القدرة على مقاومة المبيدات العشبية وبعض الأمراض الأخرى
Ⓑ يكسب النباتات البقولية القدرة على امتصاص النيتروجين من التربة دون الحاجة لأسمدة نيتروجينية
Ⓒ يكسب نباتات المحاصيل غير البقولية القدرة على تكوين البروتين دون الحاجة إلى أسمدة نيتروجينية
Ⓓ يكسب كل من النباتات البقولية وغير البقولية القدرة على مقاومة الحشرات والآفات الزراعية

١٤ إذا علمت أنه أمكن الحصول على حبات أرز ذهبية اللون بنقل جين ( ألفا كاروتين ) من نبات الجزر، الخطوات :

A : يتم مضاعفة الجين باستخدام جهاز(PCR) .
B : باستخدام زراعة الأنسجة يمكن الحصول على نباتات كثيرة معدلة وراثيًا.
C : زراعة الجين في خلايا بعض الأوراق.
D : استخدام إنزيمات القصر البكتيرية لفصل الجين من DNA الجزر.

ما الترتيب الصحيح للحصول على أرز معدل وراثيًا ؟

Ⓐ B ، C ، A ، D Ⓑ C ، D ، A ، B
Ⓒ A ، C ، B ، D Ⓓ C ، A ، B ، D



# الفهرس

## الباب الأول :

### الفصل الأول: الدعامة والحركة في الكائنات الحية



### الفصل الثاني: التنسيق الهرموني في الكائنات الحية



### الفصل الثالث: التكاثر في الكائنات الحية



### الفصل الرابع: المناعة في الكائنات الحية

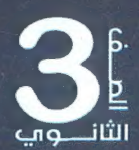


## الباب الثاني :

### الفصل الأول: الحمض النووي DNA والمعلومات الوراثية



### الفصل الثاني: الأحماض النووية وتخليق البروتين




# محتوى الكتاب

- عبارات ورسومات الكتاب المدرسي بأعلى جودة ممكنة
- تطبيقات عملية وحياتية لربط ا... النظرية بالواقع العملي
- ملاحظات استنتاجية عقب كل فقرة والتي تؤهلك لحل أي سؤال
- صور توضيحية مرسومة خص... لتوضيح عبارات الكتاب المد...
- علاقات بيانية ومخططات ذهنية لتعميق الفهم
- أسئلة الأداء الذاتي عقب كل... لاختبار مدي استيعابك لكل...




متوفر الآن




الصف 3 ثانوي
التفوق
2023
كتاب الأسئلة والتدريبات
في الجيولوجيا وعلوم البيئة
OPEN BOOK

## من إصداراتنا

كتاب الأحياء للصف الأول الثانوي

كتاب البيولوجي للصف الثالث الثانوي

يسعدنا تواصلكم معنا من خلال



